

# Contaminazione

## Il ruolo delle sostanze chimiche

Implicazioni per la salute e aspetti di sicurezza

di Angelo Pio Taronna

PhD in Biochemistry, Molecular Biology and Biotechnology

**La contaminazione chimica degli alimenti, dovuta a fattori naturali e antropogenici, è un problema di sicurezza globale, che rappresenta una seria minaccia per la salute umana, animale e vegetale. La protezione dei consumatori dipende, pertanto, da azioni rigorose delle autorità di regolamentazione, che hanno il compito di monitorare e far rispettare la legislazione**

**L**a contaminazione chimica degli alimenti è un problema particolarmente complesso e strettamente legato allo sviluppo economico industriale e urbano e all'uso crescente di sostanze

xenobiotiche. Gli sforzi legislativi in materia di sicurezza rappresentano una sfida importante, acuita dalla costante crescita della popolazione umana, che secondo alcune stime raggiungerà i nove miliardi entro il 2050 (Lebelo *et al.*, 2021). Pertanto, l'incremento della domanda di cibo, a cui segue una produzione di massa, concorre in maniera significativa alla non conformità delle migliori pratiche produttive industriali e dei requisiti legali. A tal proposito, l'Autorità europea per la Sicurezza alimentare (EFSA) – incaricata dalla Commissione europea (CE) – ha il compito di raccogliere i dati sulla presenza dei contaminanti chimici negli alimenti e nei mangimi (mandato M-2010-00743) e di elaborare e mettere in atto tutte le strategie necessarie per ridurre l'impatto della non conformità (EFSA, 2015). Nel tentativo di sostenere la sicurezza degli alimenti a livello globale, gli enti di regolamentazione promuovono l'esplicita dichiarazione delle sostanze in essi contenuti attraverso l'etichettatura e il marketing responsabile. Una sfida degna di nota, che le normative e le linee guida nazionali non sempre contemplano, non per negligenza, ma perché alcune sostanze sono considerate legali in diversi Paesi e proibite in altri. Per ovviare a ciò, è auspicabile realizzare un programma globale di controllo chimico agro-aziendale, in maniera da garantire gli standard di sicurezza nel commercio alimentare internazionale (Lebelo *et al.*, 2021).



## Sostanze chimiche negli alimenti

Quando si parla di alimentazione, così come di ogni altro campo della vita dell'uomo, il concetto di "sostanza chimica" evoca molto spesso scenari inquietanti e catastrofici. Questa visione distorta nasce da un primordiale pregiudizio nei confronti del termine "chimica". Ma quanto c'è di vero in tutto questo? Le sostanze chimiche sono "elementi costitutivi" essenziali, che caratterizzano tutto il mondo materiale, comprese persone, animali, piante e quindi il cibo. Le sostanze chimiche di cui è costituito il cibo sono in gran parte innocue e spesso desiderabili, in quanto indispensabili dal punto di vista nutrizionale. La loro utilità, però, non è assoluta, ma dipende dalla quantità, dal sesso, dall'età, dal livello di attività fisica, dal metabolismo. Altre sostanze, invece, che non dovrebbero essere normalmente presenti, provengono dall'ambiente e/o da fonti antropogeniche e sono ascritte tra i contaminanti chimici. Essi comprendono metalli e metalloidi, idrocarburi policiclici aromatici, diossine e bifenili policlorurati, prodotti farmaceutici, elementi radioattivi, plastica e nanoparticelle. Anche in questo caso, la loro presenza

non è assoluta garanzia di malattia: la tossicità, infatti, dipende dalla concentrazione e dal tempo di esposizione.

## La tossicità di una sostanza chimica negli alimenti dipende (anche) dalla concentrazione e dal tempo di esposizione

Tra i contaminanti chimici, meritano una particolare attenzione i metalli e metalloidi, gli idrocarburi policiclici aromatici e le materie plastiche.

### Metalli e metalloidi

Gli effetti tossici di metalli e metalloidi negli alimenti sono spesso associati a elementi non essenziali come arsenico, cadmio, piombo e mercurio, ma possono anche derivare da elementi essenziali come rame, ferro e zinco a concentrazioni

abbastanza elevate. Alcuni di questi elementi sono diventati importanti inquinanti ambientali, soprattutto nelle aree densamente popolate, per aumento delle attività industriali. La relazione tra l'esposizione ambientale a elementi tossici – in particolare piombo (Pb), cadmio (Cd), arsenico (As) e mercurio (Hg), ma anche antimonio (Sb), cromo (Cr), cobalto (Co) e nichel (Ni) – e le malattie umane è stata diffusamente studiata. Gli elementi tossici sono in grado di danneggiare le attività nervose, i polmoni, il fegato, i reni e il sistema endocrino anche a basse concentrazioni. Inoltre, As, Cd, Cr, Ni sono stati classificati come cancerogeni del gruppo 1 (vedi *Tabella*) dall'Agenzia internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC, 2022). Mostrano i loro effetti nocivi, compresa la cancerogenicità, attraverso diversi meccanismi, quali l'induzione dello stress ossidativo con formazione di radicali liberi e conseguente riduzione dei livelli di antiossidanti, l'alterazione della struttura del DNA e l'espressione del miRNA, l'inibizione dei canali ionici, delle ATPase e di altri trasportatori, l'aumento del citoscheletro e della polarità cellulare, la compromissione dell'endocitosi e del riciclaggio intracellulare delle vescicole (Buha et al., 2021).

### Idrocarburi policiclici aromatici

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) costituiscono un ampio gruppo di composti organici che si formano durante la combustione incompleta di carbone, petrolio, gas, legno, immondizia o altre sostanze organiche, come tabacco e cibi arrostiti, al forno, fritti o grigliati. Ne esistono oltre cento tipi, ma solo alcuni sono pericolosi per l'uomo. La presenza di IPA negli alimenti non sottoposti a trasformazioni è dovuta soprattutto a contaminazioni ambientali (particolato atmosferico,

contaminazione del suolo e delle acque). Oltre a essere irritanti per occhi, naso e gola, sono riconosciuti per le proprietà mutagene e cancerogene. Secondo lo IARC, tra i diversi composti il benzo(a)pirene, il benzo(a)antracene e il di-benzo(a,h)antracene appartengono al gruppo 2B, mentre il benzo(b)fluorantene e il benzo(k)fluorantene appartengono al gruppo 2A (*Tabella*) (IARC, 2022). Il benzo(a)pirene è il composto più studiato, in quanto è maggiormente presente nelle matrici ambientali e alimentari, tanto da essere utilizzato come marcatore della presenza e dell'effetto di IPA cancerogeni negli alimenti (G.U.U.E., 2006).

### Gli idrocarburi policiclici aromatici di per sé non sono tossici, ma diventano tali solo in seguito a trasformazione

Una volta ingeriti o inalati, gli IPA vengono assorbiti dal tratto gastrointestinale o dall'epitelio polmonare e distribuiti nei differenti tessuti, soprattutto quelli ricchi di grasso. Questi composti di per sé non sono tossici, ma diventano tali solo in seguito a trasformazione:

- ossidazione, operata dagli enzimi della famiglia citocromo P-450, con formazione di epossidi;
- idratazione, realizzata dall'enzima epossido idrolasi, con formazione di diidrodoli (tali intermedi possono essere escreti);
- riossidazione, mediata dagli enzimi della famiglia citocromo P-450, con formazione di

Tabella  
Classificazione degli agenti cancerogeni\*

GRUPPO	TIPO DI RISCHIO	NUMERO AGENTI
1	Cancerogeno	121
2A	Probabile cancerogeno	93
2B	Possibile cancerogeno	320
3	Non classificabile	501

\*Fonte: *Monografie IARC, volumi 1-131 (aggiornate all'8 aprile 2022)*



diidrodioliepossidi, prodotti instabili che legano covalentemente il DNA e le proteine (Leuzzi et al., 2013).

## Materie plastiche

Le esigenze sempre crescenti della società moderna hanno portato all'uso smodato di materiali di imballaggio – in particolare di plastica – per trasportare e conservare gli alimenti. Questi materiali rappresentano una notevole fonte di contaminazione: alcuni composti in essi contenuti (ad esempio, ftalati e bisfenolo A (BPA)), in determinate condizioni (ad esempio, in presenza di elevate temperature), sono in grado di migrare e contaminare cibo e bevande. Inoltre, col passar del tempo la plastica tende a frammentarsi, formando microplastiche (particelle di dimensioni comprese tra 0,1 e 5.000 micrometri) e nanoplastiche (particelle di dimensioni comprese tra 0,001 e 0,1 nanometri), che rappresentano un pericolo per il regno animale e vegetale, con conseguenze per la

catena alimentare e quindi per l'uomo, incrementando lo stress ossidativo (effetto citotossico) e alterando l'equilibrio energetico, il metabolismo e il sistema immunitario (Cverenkárová et al., 2021).

## Sicurezza alimentare

Il processo di globalizzazione, mediante la liberalizzazione e l'integrazione di capitali, mercati, forza lavoro, tecnologia e informazione in un mercato unico, ha rivoluzionato radicalmente il settore alimentare, sollevando un'attenzione crescente sul tema della sicurezza.

L'identificazione del pericolo viene definita dal *Codex Alimentarius* come "l'individuazione di diversi agenti, tra i quali quelli chimici, in grado di causare effetti avversi sulla salute". Gli standard del *Codex* sono impiegati in tutto il mondo per armonizzare le normative nazionali sulla sicurezza alimentare e sono riconosciuti nell'accordo dell'Organizzazione Mondiale del Commercio (OMC).



## Particolare attenzione deve essere posta sui contaminanti emergenti in quanto non sono ancora considerati dalla normativa sulla sicurezza alimentare

Per quanto riguarda l'Europa, le misure per la sicurezza alimentare – inserite già nel corpus della legislazione europea – sono andate via via sviluppandosi, per cercare di raggiungere il massimo livello di protezione dei consumatori e quindi dello stato di salute pubblica. Nonostante tutto, però, la sicurezza alimentare resta ancora la causa principale di malattia in Europa e nel mondo, con esiti negativi sia sulla qualità di vita che sulla spesa pubblica. Nell'ambito dei contaminanti chimici, particolare attenzione deve essere posta sui contaminanti emergenti (composti organici perfluorurati, biocidi organostannici, ritardanti di fiamma bromurati), ritrovati nei prodotti alimentari e adeguatamente segnalati dalle autorità scientifiche, in quanto non ancora considerati dalla normativa sulla sicurezza alimentare.

La consapevolezza del rischio e, quindi, la capacità delle imprese di ridurre i contaminanti chimici nelle derrate alimentari, anche in attesa di revisione normativa, rappresenta un elemento strategico di competitività e un indicatore di garanzia per i consumatori.

A tal proposito, l'EFSA, in collaborazione con gli Stati membri, ha predisposto le linee guida sulla comunicazione del rischio dal titolo "Alimenti: temporale in arrivo?". L'Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA), invece, affronta questo tema in maniera integrata e trasversale, ovvero combinando tra loro ambiti differenti: sicurezza, innovazione e sostenibilità, per soddisfare e garantire la salute dei consumatori, da un lato, e non compromettere le risorse delle generazioni future, dall'altro (Zappa, 2015; Zoani *et al.*, 2020).

La contaminazione chimica alimentare, che rappresenta una potenziale minaccia per la salute

umana, avviene sia attraverso l'ambiente che nel corso del processo che va dalla produzione al trasporto degli alimenti.

Oggigiorno, grazie alle nuove tecnologie, il rilevamento di tali contaminanti diventa sempre più preciso ed efficace.

Tuttavia, la presenza dei cosiddetti contaminanti chimici emergenti, che costituisce un problema in via di definizione, impegna notevolmente la ricerca scientifica.

Sebbene siano state adottate misure opportune per ridurre al minimo l'esposizione ai contaminanti chimici alimentari, ancora molto resta da fare – soprattutto dal punto di vista normativo – per ridurre i rischi e le conseguenti malattie.

## Bibliografia

- Buha A., Baralic K., Djukic-Cosic D., Bulat Z., Tinkov A., Panieri E., Saso L. (2021). *The role of toxic metals and metalloids in Nrf2 signaling. Antioxidants*; 10:1-20.
- Cverenkárová K., Valachovicová M., Mackul'ak T., Žemlicka L., Bírošová L. (2021). *Microplastics in the Food Chain. Life*; 11:1-18.
- EFSA (2015). *Specific Requirements for Chemical Contaminant and Food Additive Occurrence Data Submission*. Technical Report.
- Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea (G.U.U.E.). Regolamento (CE) 1881/2006.
- IARC (International Agency for Research on Cancer) (2022). *Monographs. Volumes 1-131*.
- Lebelo K., Malebo N., Mochane M.J., Masinde M. (2021). *Chemical Contamination Pathways and the Food Safety. Implications along the Various Stages of Food Production: a Review*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*; 18:1-23.
- Leuzzi U., Bellocco E., Barreca D. (2013). *Biochimica della nutrizione*. Zanichelli, Bologna, 320-321.
- Zappa G. (2015). *La sicurezza alimentare: da problema a elemento di competitività per il settore agroindustriale*. *EAI*; sp.III:145-147.
- Zoani C., Benassi B., Fiorani L., Bevivino A. (2020). *Sicurezza alimentare, qualità del cibo e salute*. *EAI*; 1:69-72.