

MICOTOSSINE DA FUSARIUM NEI CEREALI

Frumento, mais, orzo e avena sono alla base dell'alimentazione in molti Paesi. Possono però essere colonizzati, già in campo, da funghi del genere *Fusarium*, capaci in determinate condizioni di produrre micotossine. Non esiste una sola "tossina del *Fusarium*": si tratta di sostanze differenti per struttura, alimenti coinvolti ed effetti biologici. Conoscerle aiuta a capire perché le analisi sui cereali debbano essere mirate e perché un raccolto dall'aspetto normale non sia necessariamente privo di contaminanti.

FUSARIUM: UNA CONTAMINAZIONE CHE NASCE SPESSO PRIMA DEL RACCOLTO

Diverse specie di *Fusarium* vivono nell'ambiente agricolo e possono infettare spighe e cariossidi. La fusariosi della spiga del frumento e le infezioni della spiga del mais sono esempi rilevanti. Piogge e umidità in specifiche fasi della coltura, temperatura, suscettibilità della varietà, residui colturali e rotazioni influenzano il rischio, ma non allo stesso modo per tutte le specie e tutte le micotossine.

Il micelio e i metaboliti tossici non sono distribuiti uniformemente. Parti di una stessa partita possono avere concentrazioni molto diverse. La conservazione corretta è essenziale per preservare il prodotto, ma non elimina le micotossine eventualmente formatesi in campo. Per questa ragione prevenzione agronomica, selezione delle granaglie e campionamento rappresentativo sono complementari.

DEOSSINIVALENOLO (DON): UNO DEI CONTAMINANTI PIÙ MONITORATI NEL FRUMENTO

Il deossinivalenolo, abbreviato DON e talvolta chiamato "vomitossina", appartiene ai tricoteceni. È associato in particolare ai cereali a paglia, soprattutto frumento, ma può interessare anche mais e altri cereali. L'esposizione alimentare avviene attraverso granaglie e derivati: farine, pane, pasta e altri prodotti cerealicoli, in proporzioni legate alla materia prima e ai processi di trasformazione.

Gli effetti studiati comprendono nausea e vomito nelle esposizioni acute sufficientemente elevate; sul piano cronico, la valutazione tossicologica considera in particolare effetti sulla crescita e sul peso corporeo osservati negli studi sperimentali. Nel 2017 EFSA ha stabilito per DON e alcune sue forme correlate una dose giornaliera tollerabile di gruppo di 1 microgrammo per chilogrammo di peso corporeo al giorno ($\mu\text{g/kg p.c./giorno}$). Questo valore riguarda l'esposizione complessiva, non la concentrazione ammessa in un singolo alimento.

La presenza di DON in una farina non implica automaticamente un rischio per chi la consuma: occorrono la concentrazione misurata, la quantità consumata e la frequenza di esposizione. I bambini possono avere un'esposizione relativamente più elevata rispetto al peso corporeo.

ZEARALENONE (ZEN): UNA MICOTOSSINA CON ATTIVITÀ ESTROGENICA

Lo zearalenone è prodotto da alcune specie di *Fusarium* e può interessare mais, frumento e altri cereali. Si distingue dal DON perché il suo effetto tossicologico principale è legato all'interazione con i sistemi ormonali: possiede attività estrogenica. Le conseguenze e la sensibilità variano tra specie animali; i dati sperimentali sono importanti per la valutazione del rischio, ma non vanno trasferiti automaticamente all'uomo.

EFSA ha definito una dose giornaliera tollerabile di 0,25 µg/kg p.c./giorno, successivamente affrontando anche i metaboliti e le forme modificate per valutarne l'attività relativa. Questo non significa che una singola esposizione minima provochi un'alterazione endocrina, bensì che le valutazioni prudenziali considerano il contributo della dieta nel tempo.

FUMONISINE: IL RUOLO PARTICOLARE DEL MAIS

Le fumonisine, soprattutto fumonisina B1 (FB1) e B2 (FB2), sono strettamente associate al mais e ai prodotti che ne derivano. Alcune specie fungine che le producono possono colonizzare la pianta senza determinare alterazioni visibili facilmente riconoscibili. I prodotti a base di mais meritano quindi controlli specifici, indipendentemente dal loro aspetto.

Le fumonisine interferiscono con il metabolismo degli sfingolipidi, componenti importanti delle membrane cellulari. Gli studi sperimentali hanno evidenziato effetti su fegato e reni; le valutazioni dei possibili effetti nell'uomo distinguono le evidenze accertate dalle associazioni epidemiologiche ancora soggette a incertezza. EFSA ha stabilito per alcune fumonisine una dose giornaliera tollerabile di gruppo di 1 µg/kg p.c./giorno.

TOSSINE T-2 E HT-2: ATTENZIONE ANCHE AD AVENA E ORZO

T-2 e HT-2 appartengono anch'esse ai tricoteceni, ma non devono essere confuse con il DON: differiscono per potenza e profilo tossicologico. Sono particolarmente rilevanti per taluni cereali, fra cui avena e orzo, pur non essendo limitate a questi. L'HT-2 è anche un importante metabolita della T-2.

FUSARIUM: NON ESISTE UNA SOLA TOSSINA

Le analisi devono essere definite in funzione del cereale e degli analiti ricercati

FRUMENTO

DON
Zearalenone

MAIS

Fumonisine
DON / Zearalenone

AVENA E ORZO

T-2 e HT-2
Altre tossine possibili

Le associazioni non sono esclusive e non sostituiscono l'analisi.

OVERORGANIC | BIBLIOTECA SCIENTIFICA

Queste sostanze possono interferire con la sintesi proteica; le valutazioni tossicologiche considerano effetti ematologici e immunitari. Nel 2017 EFSA ha indicato per T-2, HT-2 e forme modificate pertinenti una dose giornaliera tollerabile di gruppo di 0,02 µg/kg p.c./giorno e una dose acuta di riferimento di gruppo di 0,3 µg/kg p.c. I due valori rispondono a domande diverse: esposizione ripetuta nel tempo ed esposizione in una singola occasione.

MICOTOSSINE MODIFICATE E CO-PRESENZA: CIÒ CHE I CONTROLLI DEVONO CONSIDERARE

Una pianta può trasformare parte di una micotossina in un derivato, per esempio il DON-3-glucoside. Anche alcune lavorazioni o trasformazioni biologiche possono modificare il profilo analitico. Le cosiddette forme “modificate” non sono tutte equivalenti: alcune possono liberare nuovamente la sostanza originaria durante la digestione, altre presentano dati tossicologici ancora incompleti.

Più micotossine possono inoltre comparire contemporaneamente nello stesso cereale. Il riscontro di co-presenza non prova di per sé un effetto tossico sinergico: per stimare il rischio cumulativo servono informazioni specifiche su meccanismi d'azione, potenza ed esposizione. Per questo le valutazioni EFSA distinguono le sostanze per le quali esistono criteri di gruppo da quelle sulle quali le conoscenze sono insufficienti.

COSA SUCCEDE DURANTE MOLITURA E COTTURA?

Pulitura, vagliatura e selezione ottica possono ridurre parte della contaminazione eliminando chicchi danneggiati o frazioni più esposte, ma l'efficacia varia. La molitura redistribuisce le micotossine tra farine, crusca e altri sottoprodotti; non è corretto affermare che ogni prodotto integrale sia necessariamente più contaminato, perché il risultato dipende dal cereale, dalla partita e dal processo.

Le micotossine di *Fusarium* mostrano comportamenti differenti durante lievitazione, estrusione, cottura e altri trattamenti. Alcune concentrazioni possono diminuire, ma non si può fare affidamento sulla cucina domestica per rendere sicura una materia prima contaminata oltre i limiti applicabili. La prevenzione deve iniziare prima della trasformazione.

I LIMITI EUROPEI: PROTEZIONI SPECIFICHE PER TOSSINA E ALIMENTO

Il regolamento (UE) 2023/915, nel testo vigente e nelle sue modifiche, stabilisce tenori massimi per specifiche micotossine e categorie di alimenti. Per le tossine considerate in questo capitolo sono previsti limiti pertinenti al DON, allo zearalenone, alla somma di fumonisine B1 e B2 e alla somma delle tossine T-2 e HT-2. I valori non sono intercambiabili e dipendono anche dalla destinazione del cereale: materia prima non trasformata, farina, alimento pronto al consumo e prodotti destinati ai bambini possono avere requisiti differenti.

Nel 2024 l'Unione europea ha aggiornato i tenori massimi di DON con il regolamento (UE) 2024/1022 e ha introdotto valori massimi specifici per T-2 e HT-2 con il regolamento (UE) 2024/1038. Per esempio, nel testo consolidato del regolamento 2023/915 consultato per questo capitolo, per il DON è previsto un massimo di 1.000 µg/kg nei cereali non trasformati della categoria generale e di 1.500 µg/kg per frumento duro e mais non trasformati, con eccezioni e condizioni d'applicazione. Questi numeri non possono essere estesi automaticamente a farina, pane o alimenti infantili.

Un limite legale serve a stabilire la conformità commerciale e la protezione sanitaria secondo le valutazioni disponibili; non coincide con una soglia sotto la quale sia dimostrata l'assenza assoluta di qualunque effetto. Analogamente, il valore "non quantificabile" richiede sempre di conoscere il limite di quantificazione del metodo impiegato.

LA LEZIONE PER CHI SCEGLIE CEREALI E DERIVATI

Un cereale coltivato in un ambiente poco interessato dall'inquinamento industriale può comunque sviluppare micotossine da *Fusarium*, perché la loro origine è biologica e

dipende anche dalle condizioni agronomiche e meteorologiche. È un buon esempio del motivo per cui qualità ambientale del territorio e sicurezza del prodotto non sono sinonimi. La qualità documentata nasce dall'unione di buone pratiche agricole, corretta conservazione e verifiche analitiche pertinenti alla matrice.

Il consumatore non può riconoscere la presenza di DON, zearalenone o fumonisine dal sapore o dal colore di un alimento. La tutela concreta passa soprattutto attraverso la responsabilità degli operatori, i controlli della filiera e la sorveglianza pubblica. Nei prossimi capitoli approfondiremo come queste sostanze vengono prevenute, campionate e misurate.

RIFERIMENTI SCIENTIFICI E NORMATIVI

[EFSA CONTAM Panel \(2017\). Risks related to deoxynivalenol and its acetylated and modified forms. EFSA Journal, 15\(9\), 4718.](#)

[EFSA CONTAM Panel \(2016\). Group health-based guidance value for zearalenone and its modified forms. EFSA Journal, 14\(4\), 4425.](#)

[EFSA CONTAM Panel \(2018\). Group health-based guidance value for fumonisins and their modified forms. EFSA Journal, 16\(2\), 5172.](#)

[Commissione europea. Regolamento \(UE\) 2023/915, versione consolidata vigente \(consultare allegato I, micotossine\).](#)

[Commissione europea. Regolamento \(UE\) 2024/1022: modifica dei tenori massimi di deossinivalenolo.](#)

[Commissione europea. Regolamento \(UE\) 2024/1038: tenori massimi di tossine T-2 e HT-2.](#)