PFAS nella filiera agroalimentare europea: guida operativa per la gestione del rischio, la conformità normativa e il controllo lungo la filiera

written by Rivista di Agraria.org | 15 ottobre 2026

di Fabio Ferraldeschi, Nicolò Passeri

Inquadramento tecnico-operativo delle PFAS e implicazioni per gli operatori della filiera agroalimentare

Le sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS) costituiscono una vasta famiglia di composti chimici sintetici caratterizzati dalla presenza di legami carbonio-fluoro estremamente stabili, che conferiscono proprietà uniche di resistenza all'acqua, ai grassi, agli agenti chimici e alle alte temperature. **La forza del legame carbonio-fluoro**, tra le più elevate in chimica organica, rende tali sostanze **altamente persistenti nell'ambiente** e resistenti ai normali processi di degradazione chimica, fisica e biologica (Schiavone & Portesi, 2023; Glüge et al., 2020). **Questa stabilità strutturale** rappresenta il fattore principale alla base della loro classificazione come **contaminanti persistenti e bioaccumulabili**, con capacità di permanere per lunghi periodi nei comparti ambientali e negli organismi viventi (Zhang et al., 2021; Abunada et al., 2020).

Dal punto di vista chimico, le PFAS comprendono migliaia di sostanze differenti, caratterizzate da una catena carboniosa in cui gli atomi di idrogeno sono completamente o parzialmente sostituiti da atomi di fluoro e associati a diversi gruppi funzionali, generalmente carbossilici o solfonici (Buck et al., 2011; Ramírez Carnero et al., 2021). Tra le principali sottoclassi si annoverano gli acidi perfluoroalchilici (PFCAs), tra cui l'acido perfluoroottanoico (PFOA), gli acidi perfluoroalchilsulfonici (PFSAs), tra cui l'acido perfluoroottansolfonico (PFOS), nonché numerosi precursori, fluorotelomeri e composti polimerici e non polimerici impiegati in applicazioni industriali e nei materiali a contatto con alimenti (Ramírez Carnero et al., 2021; Iannone et al., 2024). **Si stima che oltre 4.700 sostanze** possano essere incluse nella definizione di PFAS, mentre alcune classificazioni più ampie **superano le 8.000**

molecole identificate, evidenziando **la complessità e la varietà** di questa famiglia chimica (Kaufmann et al., 2022; Glüge et al., 2020).
Le proprietà fisico-chimiche delle PFAS, in particolare la contemporanea idrofobicità e lipofobicità, rendono queste sostanze particolarmente efficaci come agenti tensioattivi e rivestimenti protettivi. Esse sono in grado di ridurre la tensione superficiale e di creare barriere resistenti all'umidità e ai grassi, caratteristiche che ne hanno favorito un ampio utilizzo in numerosi settori industriali e produttivi, inclusi i materiali a contatto con alimenti, gli imballaggi, i rivestimenti antiaderenti, i tessuti tecnici e le applicazioni agroindustriali (Glüge et al., 2020; Iannone et al., 2024). Tali applicazioni si basano sulla capacità delle PFAS di garantire **elevate prestazioni tecniche in condizioni operative critiche**, come l'esposizione a temperature elevate, ambienti aggressivi o presenza di sostanze grasse, rendendole particolarmente diffuse nelle filiere produttive complesse.
L'elevata stabilità delle PFAS comporta tuttavia una significativa persistenza ambientale, che rappresenta il principale elemento di criticità dal punto di vista sanitario, ambientale e gestionale. Una volta rilasciate nell'ambiente, queste sostanze possono accumularsi nei comparti idrici, nei suoli e negli organismi viventi, con conseguente trasferimento lungo le catene alimentari e potenziale esposizione umana attraverso il consumo di alimenti e acqua contaminati (Abunada et al., 2020; Zhang et al., 2021). **La capacità di bioaccumulo e biomagnificazione** lungo la catena trofica è stata documentata in numerosi studi, che evidenziano come le PFAS possano accumularsi nei tessuti animali e vegetali e successivamente trasferirsi all'uomo attraverso la dieta (Domingo & Nadal, 2019; Iannone et al., 2024).

Per gli operatori del settore agroalimentare, la rilevanza delle PFAS deriva dalla loro capacità di entrare nella filiera produttiva attraverso molteplici vie, inclusi l'utilizzo di acqua contaminata per irrigazione o trasformazione, l'assorbimento da parte delle colture attraverso suoli contaminati, l'impiego di mangimi contaminati negli allevamenti e il contatto con materiali e imballaggi contenenti PFAS (Ramírez Carnero et al., 2021; Iannone et al., 2024). Le PFAS possono inoltre migrare dai materiali a contatto con alimenti, come carta, cartone e rivestimenti protettivi, contribuendo all'esposizione alimentare anche in assenza di contaminazione primaria delle materie prime (Ramírez Carnero et al., 2021; Susmann et al., 2019).
L'esposizione umana alle PFAS è stata associata a diversi effetti avversi sulla salute, tra cui alterazioni del sistema immunitario, disfunzioni endocrine, effetti sul metabolismo lipidico, tossicità epatica e aumento del rischio di alcune patologie croniche (EFSA, 2020; Iannone et al., 2024). **La lunga emivita biologica** delle PFAS, che può estendersi per diversi anni, contribuisce al loro accumulo nell'organismo umano e rende particolarmente rilevante **il controllo dell'esposizione a lungo termine** (Olsen et al., 2007; EFSA, 2020). Per tale motivo, le PFAS sono oggi considerate **contaminanti emergenti prioritari** per la sicurezza alimentare e la tutela della salute pubblica, con crescente attenzione da parte delle autorità regolatorie, delle imprese agroalimentari e degli organismi di controllo.
Nel contesto operativo della filiera agroalimentare, le PFAS rappresentano quindi **un rischio trasversale** che può interessare tutte le fasi della produzione, dalla produzione primaria alla trasformazione, fino alla distribuzione e al confezionamento. **La loro gestione richiede un approccio sistemico** basato sull'identificazione delle fonti di rischio, sul controllo delle materie prime e dei materiali utilizzati, sull'implementazione di sistemi di monitoraggio e sull'integrazione delle PFAS nei sistemi aziendali di gestione della sicurezza alimentare. **La crescente evoluzione del quadro normativo e delle richieste di mercato** rende necessario per gli operatori adottare **un approccio preventivo e strutturato**, finalizzato a garantire la conformità normativa, la sicurezza dei prodotti e la tutela della reputazione aziendale.

Identificazione delle fonti di rischio e delle vie di contaminazione nella filiera agroalimentare
La contaminazione da sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS) nella filiera agroalimentare rappresenta il risultato di un insieme complesso di processi ambientali, industriali e tecnologici che favoriscono il trasferimento di questi contaminanti nei comparti produttivi agricoli e alimentari. **La straordinaria stabilità chimica delle PFAS e la loro mobilità** nei diversi comparti ambientali determinano una diffusione su scala globale, con conseguente esposizione diffusa delle matrici agricole, delle risorse idriche e degli ecosistemi (Abunada et al., 2020; Glüge et al., 2020). Una volta rilasciate nell'ambiente, queste sostanze possono persistere per decenni e migrare tra acqua, suolo, sedimenti e organismi viventi, determinando **una contaminazione sistemica delle filiere produttive**.

La contaminazione da PFAS deve essere considerata come un rischio sistemico di filiera, caratterizzato dalla presenza di molteplici punti di ingresso e dalla capacità di trasferimento tra diversi comparti produttivi. **La natura persistente e mobile** di queste sostanze rende difficile la loro eliminazione una volta introdotte nell'ambiente o nei sistemi produttivi, rendendo fondamentale **un approccio preventivo** basato sull'identificazione delle fonti di rischio e sull'adozione di misure di controllo lungo l'intera catena del valore. **La gestione efficace del rischio PFAS richiede un approccio integrato** che coinvolga la produzione primaria, la trasformazione industriale, la gestione delle risorse idriche, la selezione dei materiali e il controllo delle forniture, in coerenza con i principi della sicurezza alimentare e della prevenzione del rischio.

Presenza delle PFAS negli alimenti, esposizione alimentare e implicazioni per la sicurezza alimentare

La presenza di sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS) negli alimenti rappresenta una delle principali vie di esposizione per la popolazione generale, rendendo **la sicurezza alimentare un ambito prioritario** per la valutazione e la gestione del rischio associato a questi contaminanti. Numerosi studi hanno evidenziato come le PFAS siano rilevabili in un'ampia varietà di matrici alimentari, incluse carni, prodotti ittici, latte, uova, cereali, frutta e ortaggi, con concentrazioni variabili in funzione delle condizioni ambientali, delle pratiche agricole e dei processi industriali (EFSA, 2020; Iannone et al., 2024). **La contaminazione alimentare può derivare sia da fonti ambientali primarie** (acqua e suolo contaminati) **sia da fonti secondarie**, quali materiali a contatto con alimenti e processi di trasformazione.

I prodotti di origine animale rappresentano una delle principali fonti di esposizione alimentare alle PFAS. Questo fenomeno è strettamente legato alla capacità di queste sostanze di bioaccumularsi nei tessuti animali, in particolare nel fegato, nel sangue e nei tessuti adiposi, e di trasferirsi successivamente nei prodotti destinati al consumo umano (Domingo & Nadal, 2019; EFSA, 2020). Studi di monitoraggio hanno dimostrato la presenza di PFAS in carne, latte, uova e prodotti derivati, con concentrazioni che riflettono il livello di contaminazione ambientale e le condizioni di allevamento. **Il trasferimento lungo la catena trofica** determina un aumento progressivo delle concentrazioni nei livelli superiori, rendendo i prodotti animali **una fonte rilevante di esposizione cronica** (Iannone et al., 2024).

I prodotti ittici costituiscono una delle matrici alimentari maggiormente interessate dalla contaminazione da PFAS, a causa della diffusione di queste sostanze negli ambienti acquatici. La contaminazione di fiumi, laghi e ambienti marini comporta l'accumulo delle PFAS nei pesci e negli organismi acquatici, con livelli generalmente superiori rispetto ad altre categorie alimentari (EFSA, 2020; Domingo & Nadal, 2019). **Il consumo di pesce e frutti di mare** è stato identificato come **uno dei principali contributori** all'esposizione alimentare complessiva, in particolare nelle popolazioni con elevato consumo di prodotti ittici.

Anche i prodotti vegetali possono rappresentare una fonte significativa di esposizione alle PFAS, in quanto le piante sono in grado di assorbire queste sostanze attraverso il sistema radicale e, in alcuni casi, attraverso la deposizione atmosferica sulle superfici fogliari (Ramírez Carnero et al., 2021). Il livello di accumulo dipende da molteplici fattori, tra cui la tipologia di PFAS, le caratteristiche chimico-fisiche del suolo, la specie vegetale e le condizioni ambientali. **Colture irrigate con acqua contaminata o coltivate in suoli contaminati** possono accumulare PFAS nei tessuti edibili, contribuendo all'esposizione umana attraverso il consumo diretto o indiretto (Iannone et al., 2024).

Un'ulteriore fonte di contaminazione alimentare è rappresentata dalla migrazione delle PFAS dai materiali a contatto con alimenti. Queste sostanze sono state ampiamente utilizzate in imballaggi alimentari, carta e cartone trattati, contenitori resistenti ai grassi e rivestimenti protettivi, con la funzione di migliorare le proprietà di barriera e la resistenza all'umidità (Ramírez Carnero et al., 2021). **Il trasferimento delle PFAS dai materiali agli alimenti** può avvenire in condizioni normali di utilizzo, ed è influenzato da fattori quali temperatura, durata del contatto e composizione dell'alimento. Studi epidemiologici hanno evidenziato associazioni tra il consumo frequente di alimenti confezionati e livelli più elevati di PFAS nel sangue umano, confermando **il ruolo dei materiali a contatto come potenziale fonte di esposizione** (Susmann et al., 2019).

Dal punto di vista tossicologico, l'esposizione cronica alle PFAS è stata associata a numerosi effetti avversi sulla salute umana. Le evidenze scientifiche indicano possibili effetti sul sistema immunitario, sul metabolismo lipidico, sulla funzione epatica, sul sistema endocrino e sullo sviluppo fetale (EFSA, 2020; Iannone et al., 2024). **La lunga emivita biologica** di queste sostanze contribuisce al loro accumulo progressivo nell'organismo umano e alla persistenza dell'esposizione (Olsen et al., 2007).

Per valutare il rischio associato all'esposizione alimentare, l'Autorità europea per la sicurezza alimentare ha stabilito **una dose settimanale tollerabile (TWI) pari a 4,4 ng/kg p.c.** per la somma di quattro PFAS principali (PFOA, PFOS, PFNA e PFHxS) (EFSA, 2020). Questo valore riflette la necessità di limitare l'esposizione cronica e di adottare misure di gestione del rischio lungo la filiera alimentare. **La definizione di limiti normativi e l'implementazione di programmi di monitoraggio** rappresentano strumenti fondamentali per la tutela della salute pubblica e per la prevenzione della contaminazione alimentare.
Nel contesto operativo, la presenza delle PFAS negli alimenti rappresenta una criticità che richiede **l'integrazione di misure di prevenzione, monitoraggio e controllo** nei sistemi aziendali di gestione della sicurezza alimentare. Gli operatori del settore agroalimentare devono considerare il rischio PFAS nella valutazione dei pericoli, nella qualificazione dei fornitori, nella gestione delle materie prime e nella selezione dei materiali a contatto con alimenti. **È necessario un approccio preventivo e sistematico** per ridurre l'esposizione alimentare e garantire la sicurezza dei prodotti destinati al consumo umano

Quadro normativo applicabile e responsabilità degli operatori del settore agroalimentare
La gestione del rischio PFAS nella filiera agroalimentare si colloca all'intersezione tra **sicurezza alimentare**, **controllo dei contaminanti**, **materiali a contatto con alimenti**, **qualità delle acque** e **disciplina delle sostanze chimiche**. In ambito UE, il riferimento "madre" è il Reg. (CE) 178/2002, che stabilisce i principi generali della legislazione alimentare e, soprattutto, chiarisce che **la responsabilità primaria della sicurezza degli alimenti ricade sull'operatore del settore alimentare** (European Parliament and Council, 2002). Questo principio implica che le PFAS debbano essere trattate come pericolo chimico potenziale all'interno delle valutazioni aziendali: **se un alimento non è sicuro, non può essere immesso sul mercato** e l'OSA deve attivare tempestivamente misure di gestione (ritiro/richiamo, informazione alle autorità, tracciabilità e gestione della crisi) (European Parliament and Council, 2002).
Sul piano dei contaminanti, la cornice generale è definita dal Reg. (CEE) 315/93 e, per i tenori massimi, dal Reg. (UE) 2023/915, che ha sostituito e abrogato il Reg. (CE) 1881/2006. In tale ambito, l'approccio europeo verso le PFAS si è consolidato sulla base delle valutazioni scientifiche EFSA, che hanno definito un valore di riferimento tossicologico per l'esposizione cronica, ossia una dose settimanale tollerabile (TWI) di 4,4 ng/kg p.c. per la somma di PFOS, PFOA, PFNA e PFHxS (EFSA, 2020). In termini applicativi, i tenori massimi per alcune categorie di alimenti introdotti dal Reg. (UE) 2022/2388 sono confluiti nel Reg. (UE) 2023/915 e costituiscono oggi il riferimento operativo per la conformità legale. Per l'OSA, la conseguenza pratica è che la conformità non può essere presunta: va dimostrata tramite gestione del rischio, controlli proporzionati e capacità di rintracciare le cause in caso di superamenti.
Accanto ai tenori massimi, un elemento determinante per la gestione operativa è l'armonizzazione dei controlli: il Reg. di esecuzione (UE) 2022/1428 definisce metodi di campionamento e analisi per il controllo delle PFAS in specifiche derrate, mentre la Raccomandazione (UE) 2022/1431 orienta i programmi di monitoraggio e la raccolta di dati di occorrenza su un più ampio ventaglio di PFAS, incluse matrici per le quali, allo stato attuale, non sono ancora fissati tenori massimi. Questo quadro è rilevante perché, nella pratica, influenza i piani ufficiali e l'aspettativa di tracciabilità delle cause di contaminazione e delle azioni di follow-up.
Il quadro di riferimento per l'igiene e l'autocontrollo è costituito dal "pacchetto igiene" e dall'impostazione HACCP. In termini gestionali, questo significa che le PFAS devono essere considerate, quando pertinenti, nella logica di **analisi dei pericoli e misure di controllo**: identificazione delle fonti (materie prime, acqua, packaging, ausiliari tecnologici, impianti), valutazione del rischio, definizione di controlli proporzionati e verifica dell'efficacia. **Non è necessario creare "CCP" artificiali**, ma è essenziale dimostrare un percorso coerente: pericolo → rischio → misure → evidenze documentali e/o analitiche. In altre parole, **l'HACCP deve "reggere" anche sul rischio PFAS**, soprattutto per filiere esposte (prodotti ittici, alimenti da aree a rischio, produzioni con elevato uso di acqua, prodotti confezionati con materiali barriera) (EFSA, 2020; Iannone et al., 2024).
Un capitolo normativo di rilievo riguarda i materiali a contatto con alimenti (MOCA). Il Reg. (CE) 1935/2004 stabilisce il principio cardine secondo cui i materiali destinati al contatto alimentare non devono cedere costituenti agli alimenti in quantità tali da costituire pericolo per la salute o da comportare modifiche inaccettabili della composizione (European Parliament and Council, 2004). A questo si affiancano gli obblighi di buone pratiche di fabbricazione e le responsabilità lungo la catena di fornitura: chi acquista e utilizza MOCA deve gestire le evidenze

di conformità, verificare l'adeguatezza d'uso (alimento, tempo/temperatura di contatto, condizioni reali di impiego) e aggiornare le valutazioni quando cambiano materiali, fornitori o condizioni di processo. In chiave PFAS, ciò si traduce in un obbligo operativo: non è sufficiente dichiarazione del fornitore ma occorre una qualifica documentata e, nei casi a rischio, una verifica rafforzata (Ramírez Carnero et al., 2021; Susmann et al., 2019). In particolare, il Reg. (CE) 2023/2006 sulle buone pratiche di fabbricazione rafforza l'obbligo di controllo di processo per i MOCA, mentre, per alcune categorie, come le plastiche, si applicano misure specifiche come il Reg. (UE) 10/2011, con requisiti su sostanze autorizzate, limiti di migrazione e dichiarazioni di conformità lungo la catena di fornitura.

Ulteriore asse regolatorio è quello delle acque. Per molte filiere l'acqua è una matrice critica; pertanto, il rischio PFAS deve essere valutato anche in relazione alla qualità della fonte idrica, ai dati del gestore e alle condizioni territoriali. In termini di responsabilità, l'OSA deve dimostrare che l'acqua impiegata non introduce un pericolo chimico non controllato e che, dove necessario, sono previste misure aggiuntive (monitoraggi mirati, qualificazione di fonti alternative, trattamenti appropriati) (Abunada et al., 2020; EFSA, 2020). In questo contesto, la Direttiva (UE) 2020/2184 sulla qualità delle acque destinate al consumo umano introduce parametri specifici per le PFAS (approccio "PFAS Totale" e "Somma di PFAS") e prevede l'avvio della sorveglianza sistematica dei nuovi parametri a partire dal 12 gennaio 2026. Pur riferendosi all'acqua potabile, la direttiva è un indicatore regolatorio rilevante anche per le filiere alimentari, perché contribuisce a definire aspettative di controllo sulle fonti idriche utilizzate come ingrediente o come ausilio di processo.
Sul piano delle sostanze chimiche e della prevenzione "a monte", entrano in gioco strumenti come REACH e la disciplina sulle sostanze persistenti a livello internazionale. Anche se non sempre traducono obblighi diretti immediati sul prodotto alimentare, incidono sulla disponibilità di sostanze e materiali e sulla progressiva riduzione dell'uso di PFAS in specifiche applicazioni. Per l'operatore alimentare questo ha un impatto pratico: la gestione fornitori deve includere anche l'orizzonte regolatorio, perché cambi normativi e restrizioni possono modificare materiali di packaging, ausiliari tecnologici, formulazioni e specifiche (Glüge et al., 2020). Un riferimento strutturale è inoltre il Reg. (UE) 2019/1021 sugli inquinanti organici persistenti (POPs), che recepisce in ambito UE le decisioni della Convenzione di Stoccolma e disciplina, tra l'altro, PFOS, PFOA e, più recentemente, PFHxS. In parallelo, l'evoluzione delle restrizioni REACH (inclusi specifici gruppi di sostanze e scadenze di applicazione) incide direttamente sulla disponibilità di materiali e formulazioni impiegate lungo la filiera.
In termini di responsabilità operative, il quadro normativo si traduce in alcuni obblighi-chiave che un sistema aziendale ben impostato deve rendere verificabili: **(i) tracciabilità completa** di materie prime, MOCA e lotti di produzione; **(ii) qualifica e sorveglianza dei fornitori** con criteri legati al rischio PFAS; **(iii) gestione documentale** (dichiarazioni MOCA, specifiche, evidenze di controllo, valutazioni HACCP aggiornate); **(iv) sorveglianza analitica proporzionata al rischio**, basata su metodi idonei (es. LC-MS/MS) e su piani di campionamento motivati; **(v) gestione delle non conformità** con azioni correttive e preventive, fino a ritiro/richiamo quando necessario (European Parliament and Council, 2002; EFSA, 2020; Iannone et al., 2024). In sintesi, **la conformità PFAS non è un adempimento "una tantum"**, ma un processo continuo di controllo e miglioramento che deve poter essere dimostrato con evidenze oggettive e coerenti lungo la filiera.

Gestione operativa delle PFAS nei materiali a contatto con alimenti, imballaggi, forniture e processi produttivi

La gestione operativa delle PFAS nella filiera agroalimentare richiede un approccio strutturato che integri **qualifica dei materiali, controllo dei fornitori, valutazione dei processi produttivi e verifica documentale e analitica**. Le PFAS sono state storicamente utilizzate nei materiali di confezionamento per conferire proprietà funzionali quali resistenza ai grassi, all'umidità e alle alte temperature, risultando particolarmente diffuse in carta e cartone trattati, contenitori per alimenti grassi e rivestimenti tecnici (Ramírez Carnero et al., 2021; Glüge et al., 2020). **Questo comporta un rischio concreto di contaminazione secondaria**, legato al fenomeno della migrazione dai materiali all'alimento, che deve essere gestito attraverso un sistema di prevenzione documentato e verificabile.
Per gli imballaggi, il Regolamento (UE) 2025/40 sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio (PPWR) introduce un salto di livello: a decorrere dal 12 agosto 2026, gli imballaggi destinati al contatto con alimenti non possono essere immessi sul mercato se contengono PFAS oltre soglie definite. In termini tecnici, il PPWR lega la restrizione a tre metriche complementari: (i) somma di PFAS "target" (25 ppb, equivalenti a 25 µg/kg), (ii) somma di PFAS totali

(250 ppb, equivalenti a 250 µg/kg) e (iii) fluoro organico totale (TOF) (50 ppm, equivalenti a 50 mg/kg). Questa previsione, pur collocata in una norma "orizzontale" sugli imballaggi, si traduce in un requisito operativo immediato per la filiera agroalimentare: le specifiche di acquisto e le evidenze di conformità dei materiali di confezionamento devono includere la verifica della conformità al PPWR, con impatto su carta e cartone trattati, rivestimenti barriera e, più in generale, su materiali progettati per resistere a grassi e umidità.

Il fenomeno della migrazione rappresenta uno dei principali meccanismi di trasferimento delle PFAS negli alimenti confezionati. **La migrazione dipende da fattori operativi concreti**, tra cui la tipologia del materiale, la composizione dell'alimento (in particolare il contenuto lipidico), la temperatura, il tempo di contatto e le condizioni di conservazione (Ramírez Carnero et al., 2021). In termini operativi, questo significa che **la conformità di un materiale non è assoluta, ma dipende dall'uso previsto**, e che l'operatore deve verificare la compatibilità tra materiale, prodotto e condizioni reali di utilizzo. Nei prodotti ad alto contenuto di grassi, nei prodotti confezionati a caldo o in presenza di contatto prolungato, il rischio di migrazione risulta maggiore e richiede una valutazione più approfondita (Susmann et al., 2019).

Dal punto di vista gestionale, uno degli strumenti principali di prevenzione è la **qualifica tecnica e documentale dei materiali a contatto con alimenti**. Gli operatori devono acquisire e mantenere le dichiarazioni di conformità dei MOCA, verificare le condizioni d'uso dichiarate dal fornitore e assicurarsi che siano coerenti con l'applicazione reale. È inoltre necessario mantenere **un elenco aggiornato dei materiali utilizzati**, con indicazione del fornitore, del campo di applicazione e delle evidenze di conformità. Questo approccio consente di prevenire l'introduzione involontaria di materiali non idonei o non aggiornati rispetto al quadro normativo (European Parliament and Council, 2004).

La gestione operativa deve includere anche la **qualifica e il monitoraggio dei fornitori**, che rappresentano un punto critico per il controllo del rischio PFAS. Gli operatori devono valutare non solo la conformità formale dei materiali e delle materie prime, ma anche **il contesto produttivo e geografico del fornitore**, le sue procedure di controllo e la sua capacità di garantire continuità nella conformità. Nei casi a rischio elevato, è opportuno prevedere strumenti aggiuntivi, quali audit documentali o tecnici, questionari specifici o verifiche analitiche mirate (EFSA, 2020).

Anche i processi produttivi e le attrezzature devono essere inclusi nella valutazione operativa del rischio. **Componenti tecnici quali guarnizioni, tubazioni, rivestimenti antiaderenti, membrane e superfici polimeriche possono rappresentare fonti indirette di contaminazione**, soprattutto in impianti complessi o in condizioni di utilizzo prolungato (Iannone et al., 2024). È pertanto necessario che le aziende mantengano un inventario dei materiali tecnici a contatto con gli alimenti e valutino, ove tecnicamente possibile, l'impiego di materiali alternativi o certificati come privi di PFAS.

Il monitoraggio rappresenta uno strumento essenziale per la verifica dell'efficacia delle misure preventive. **I piani di monitoraggio devono essere basati sul rischio**, concentrandosi su materie prime critiche, fornitori a rischio, materiali a contatto e prodotti finiti. Le tecniche analitiche basate su cromatografia liquida accoppiata a spettrometria di massa (LC-MS/MS) rappresentano lo standard tecnico per la rilevazione delle PFAS e consentono di identificare concentrazioni molto basse (Iannone et al., 2024). Il monitoraggio non deve essere visto come unico strumento di controllo, ma come parte di un sistema più ampio basato sulla prevenzione, sulla gestione documentale e sulla qualifica della filiera.

Nel complesso, la gestione operativa delle PFAS richiede **un'integrazione completa nei sistemi aziendali di gestione della sicurezza alimentare**, includendo HACCP, gestione fornitori, controllo MOCA, gestione documentale e programmi di monitoraggio. **L'obiettivo non è solo la conformità normativa, ma la prevenzione strutturale del rischio**, attraverso un sistema capace di identificare e controllare i potenziali punti di ingresso lungo l'intera catena produttiva.

Implementazione di un sistema aziendale di prevenzione, monitoraggio e controllo del rischio PFAS

L'implementazione di un sistema efficace di gestione del rischio PFAS richiede l'integrazione di questo pericolo all'interno dei sistemi aziendali esistenti, in particolare nei sistemi HACCP, nei programmi di prerequisito e nelle procedure di gestione della qualità e dei fornitori. **Il primo passaggio operativo consiste nell'includere esplicitamente le PFAS nell'analisi dei pericoli**, valutando la probabilità di contaminazione in relazione a materie prime, acqua, materiali a contatto e processi produttivi (European Parliament and Council, 2002). Questa

valutazione deve essere documentata e giustificata, e deve dimostrare che il rischio è stato identificato, valutato e gestito in modo coerente.

La qualifica dei fornitori rappresenta uno degli elementi più critici nella prevenzione. **Un sistema efficace deve prevedere criteri di qualifica basati sul rischio**, che includano la raccolta di informazioni tecniche, la verifica delle dichiarazioni di conformità, la valutazione della provenienza geografica e la verifica della capacità del fornitore di controllare i contaminanti chimici (EFSA, 2020). La qualifica non deve essere un'attività statica, ma un processo continuo, che includa riesami periodici e aggiornamenti in caso di modifiche normative, tecniche o produttive.

La gestione dell'acqua rappresenta un ulteriore elemento operativo fondamentale. **L'acqua utilizzata nei processi produttivi deve essere qualificata come ingrediente critico**, e la sua sicurezza deve essere verificata sulla base di dati oggettivi. In aree a rischio, può essere necessario integrare il monitoraggio delle PFAS nei controlli periodici dell'acqua o adottare misure preventive aggiuntive, quali trattamenti specifici o fonti alternative (Abunada et al., 2020).

Il monitoraggio analitico deve essere strutturato in modo proporzionato al rischio. **Un piano di monitoraggio efficace non deve essere necessariamente esteso, ma deve essere mirato e giustificato**, con criteri chiari per la selezione dei campioni, la frequenza delle analisi e le azioni da intraprendere in caso di risultati non conformi. Il monitoraggio deve essere integrato con la gestione documentale e con la valutazione dei fornitori, e non considerato come unico strumento di controllo (Iannone et al., 2024).

Un elemento centrale del sistema è la tracciabilità. **La capacità di tracciare rapidamente materie prime, materiali e prodotti finiti rappresenta uno strumento essenziale per la gestione del rischio**, consentendo di identificare tempestivamente eventuali fonti di contaminazione e di adottare misure correttive efficaci (European Parliament and Council, 2002). La tracciabilità deve essere supportata da un sistema documentale completo, aggiornato e verificabile.

Infine, la gestione del rischio PFAS deve essere integrata in un processo di miglioramento continuo. **Il quadro normativo e scientifico è in rapida evoluzione**, e le aziende devono essere in grado di aggiornare periodicamente le proprie valutazioni del rischio, le procedure operative e i criteri di qualifica dei fornitori. Questo approccio consente non solo di garantire la conformità normativa, ma anche di rafforzare la resilienza del sistema aziendale e la fiducia del mercato.

Nel complesso, **un sistema aziendale efficace di gestione delle PFAS si basa su cinque pilastri operativi fondamentali: analisi del rischio, qualifica dei fornitori, controllo dei materiali e dei processi, monitoraggio mirato e tracciabilità completa**. L'integrazione di questi elementi consente di gestire il rischio in modo strutturato, dimostrabile e coerente con i requisiti normativi e con le migliori pratiche di sicurezza alimentare.

Bibliografia

Abunada, Z., Alazaiza, M. Y. D., & Bashir, M. J. K. (2020). An overview of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in the environment: Sources, fate, risk and regulations. *Water, 12*(12), 3590.

Buck, R. C., Franklin, J., Berger, U., Conder, J. M., Cousins, I. T., De Voogt, P., Jensen, A. A., Kannan, K., Mabury, S. A., & Van Leeuwen, S. P. J. (2011). Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins. *Integrated Environmental Assessment and Management, 7*(4), 513–541.

Domingo, J. L., & Nadal, M. (2019). Human exposure to per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) through food and drinking water: A review. *Environmental Research, 177*, 108648.

European Commission. (2004). *Regulation (EC) No 1935/2004 on materials and articles intended to come into contact with food*. Official Journal of the European Union.

European Commission. (2006). Commission Regulation (EC) No 2023/2006 on good manufacturing practice for materials and articles intended to come into contact with food. Official Journal of the European Union.

European Commission. (2011). Commission Regulation (EU) No 10/2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food. Official Journal of the European Union.

European Commission. (2020). *Chemicals Strategy for Sustainability: Towards a toxic-free environment*. European Commission.

European Commission. (2022). Commission Implementing Regulation (EU) 2022/1428 laying down methods of

sampling and analysis for the control of perfluoroalkyl substances in certain foodstuffs. Official Journal of the European Union.
European Commission. (2022). Commission Recommendation (EU) 2022/1431 on the monitoring of perfluoroalkyl substances in foodstuffs. Official Journal of the European Union.
European Commission. (2022). *Commission Regulation (EU) 2022/2388 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of perfluoroalkyl substances in foodstuffs*. Official Journal of the European Union.
European Commission. (2023). Regulation (EU) 2023/915 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006. Official Journal of the European Union.
European Commission. (2023). *Restriction proposal for per- and polyfluoroalkyl substances under REACH regulation*. European Chemicals Agency.
European Council. (1993). Council Regulation (EEC) No 315/93 laying down Community procedures for contaminants in food. Official Journal of the European Communities.
European Food Safety Authority (EFSA). (2020). Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal, 18*(9), e06223.
European Parliament and Council. (2002). *Regulation (EC) No 178/2002 laying down the general principles and requirements of food law*. Official Journal of the European Communities.
European Parliament and Council. (2019). Regulation (EU) 2019/1021 on persistent organic pollutants. Official Journal of the European Union.
European Parliament and Council. (2020). Directive (EU) 2020/2184 on the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Union.
European Parliament and Council. (2025). Regulation (EU) 2025/40 on packaging and packaging waste, amending Regulation (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2019/904, and repealing Directive 94/62/EC. Official Journal of the European Union.
Glüge, J., Scheringer, M., Cousins, I. T., DeWitt, J. C., Goldenman, G., Herzke, D., Lohmann, R., Ng, C. A., Trier, X., & Wang, Z. (2020). An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Environmental Science: Processes & Impacts, 22*(12), 2345–2373.
Iannone, A., Carriera, F., Passarella, S., Fratianni, A., & Avino, P. (2024). There's something in what we eat: An overview on the extraction techniques and chromatographic analysis for PFAS identification in agri-food products. *Foods, 13*(7), 1085.
Olsen, G. W., Burris, J. M., Ehresman, D. J., Froehlich, J. W., Seacat, A. M., Butenhoff, J. L., & Zobel, L. R. (2007). Half-life of serum elimination of perfluorooctanesulfonate and perfluorooctanoate in humans. *Environmental Health Perspectives, 115*(9), 1298–1305.
Ramírez Carnero, A., Lestido-Cardama, A., Vazquez Loureiro, P., Barbosa-Pereira, L., Rodríguez Bernaldo de Quirós, A., & Sendón, R. (2021). Presence of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in food contact materials and its migration to food. *Foods, 10*(7), 1443.
Stockholm Convention. (2019). *Listing of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and related compounds*. United Nations Environment Programme.
Susmann, H. P., Schaider, L. A., Rodgers, K. M., & Rudel, R. A. (2019). Dietary habits related to food packaging and population exposure to PFASs. *Environmental Health Perspectives, 127*(10), 107003.
Zhang, Y., Beesoon, S., Zhu, L., & Martin, J. W. (2013). Biomonitoring of perfluoroalkyl acids in human serum and environmental media: A review. *Environment International, 60*, 245–259.

Fabio Ferraldeschi, professionista del settore agroalimentare con formazione tecnica in agricoltura e qualifica accademica come Dottore Forestale. Svolge attività di consulenza per la Pubblica Amministrazione e per imprese agricole e agroalimentari su conformità normativa, sicurezza alimentare, tracciabilità e requisiti di filiera. Opera come auditor e supporta sistemi di gestione e schemi di certificazione, con esperienza su standard di food safety e sostenibilità, incluse filiere GLOBALG.A.P., ISCC e biologiche. Affianca i fornitori della GDO nella qualifica, nella gestione dei reclami e nel presidio dei controlli e delle evidenze lungo la catena del valore.

Nicolò Passeri, Dottore Agronomo, libero professionista. Consulente per imprese agricole ed agroalimentari in ambito tecnico legale. Svolge analisi economico-estimative e di marketing dei processi produttivi. Supporta le imprese nella valorizzazione in filiera delle produzioni e nello sviluppo e dei sistemi di certificazione volontari e

regolamentati. Docente presso ITS Academy Agroalimentare.