



UNIMORE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Dipartimento Scienze della Vita

Corso di Laurea Magistrale in:

Controllo e Sicurezza degli Alimenti

A.A. 2025/2026

**Le frodi nel settore delle carni: tutela del consumatore
e responsabilità dell'operatore**

Relatrice: Prof.ssa Federica Raffone

Correlatrice: Prof.ssa Silvia Manservigi

Laureanda: Leda Buonemani

INDICE

Abstract

Introduzione

CAPITOLO I.

INQUADRAMENTO SCIENTIFICO E GIURIDICO DELLE FRODI NEI PRODOTTI DELLA CARNE

1. Cenni sul quadro normativo EU
2. La frode alimentare
- 2.1 Il caso “*Horsegate*”
3. Evoluzione storica del fenomeno
4. Globalizzazione del mercato e aumento rischi frodi
5. La disciplina nazionale in materia di controlli. Il ruolo delle autorità competenti

CAPITOLO II.

TECNICHE DI INDIVIDUAZIONE DELLE FRODI IN MATERIA DI CARNE

1. La filiera delle carni, dai controlli alle analisi: introduzione
2. Metodi di analisi per l’identificazione di specie
- 2.1 *DNA BARCODING*: uno strumento utile all’ispezione degli alimenti
3. Tecniche analitiche, molecolari e immunologiche
- 3.1 Funzionamento dell’ELISA
4. Metodi innovativi e digitalizzazione
5. Limiti tecnici e criticità dei sistemi di controllo

CAPITOLO III.

TUTELA DEL CONSUMATORE E PROFILI DI RESPONSABILITÀ DELL’OPERATORE DEL SETTORE ALIMENTARE.

- 3.1 La tutela del consumatore
- 3.2 L’operatore del settore alimentare (OSA)
- 3.3 Profili di responsabilità
- 3.4 La responsabilità penale: il sistema sanzionatorio
- 3.5 Critiche al sistema in prospettive di riforma e rafforzamento della tutela

CONCLUSIONI

Abstract

Le frodi alimentari rappresentano una problematica di crescente rilevanza nel settore agroalimentare, in quanto incidono sulla qualità e sull'autenticità dei prodotti, alterano la concorrenza tra gli operatori economici e possono, nei casi più gravi, compromettere la salute dei consumatori. Il comparto delle carni risulta particolarmente vulnerabile a tali fenomeni; sia per la complessità della filiera produttiva sia per l'elevato valore commerciale di alcune produzioni.

Il presente elaborato prende in esame il quadro normativo europeo e nazionale in materia di sicurezza alimentare e di controlli ufficiali, approfondendo le principali forme di frode che interessano la filiera delle carni. Particolare attenzione è rivolta alle metodologie impiegate per l'identificazione delle adulterazioni e delle sostituzioni di specie, con riferimento alle tecniche molecolari, immunologiche, chimico – fisiche e ai più recenti strumenti digitali.

L'integrazione tra normativa, sistemi di controllo e innovazione tecnologica rappresenta un elemento fondamentale per garantire la tracciabilità, l'autenticità dei prodotti e la tutela del consumatore, contribuendo al rafforzamento della sicurezza alimentare e alla valorizzazione delle produzioni agroalimentari di qualità.

Introduzione

Negli ultimi decenni il settore agroalimentare ha conosciuto una profonda trasformazione determinata dalla globalizzazione dei mercati, dall'allungamento delle filiere produttive e dalla crescente complessità degli scambi commerciali. Se da un lato tali cambiamenti hanno favorito lo sviluppo del commercio internazionale e l'ampliamento dell'offerta alimentare, dall'altro hanno incrementato il rischio di pratiche fraudolente, rendendo più difficile garantire l'autenticità, la qualità e la sicurezza dei prodotti destinati al consumo umano.

Le frodi alimentari rappresentano oggi una delle principali criticità del sistema agroalimentare, poiché possono compromettere non solo la tutela della salute pubblica, ma anche la corretta informazione del consumatore, la leale concorrenza tra gli operatori economici e la valorizzazione delle produzioni di qualità. In particolare, il comparto delle carni costituisce uno dei settori maggiormente esposti a tali fenomeni, in ragione della complessità della filiera, dell'elevato valore economico dei prodotti e della difficoltà di verificare, mediante una semplice osservazione visiva, la reale identità di specie animale, l'origine geografica e la conformità delle informazioni riportate in etichetta.

In tale contesto la normativa europea e nazionale ha progressivamente sviluppato un sistema articolato di strumenti giuridici e di controllo finalizzati a garantire un elevato livello di sicurezza alimentare, fondato sul principio di precauzione, tracciabilità, responsabilità dell'operatore del settore alimentare e controllo ufficiale lungo la filiera produttiva.

L'obiettivo del presente elaborato è analizzare il fenomeno delle frodi alimentari nel settore delle carni, esaminandone il quadro normativo, le principali forme di manifestazione e gli strumenti predisposti per la loro prevenzione e repressione. Particolare attenzione è dedicata alle metodologie analitiche impiegate per l'identificazione delle frodi, delle tecniche molecolari, immunologiche e chimico – fisiche fino alle più recenti tecnologie innovative e digitali, che rappresentano oggi un supporto fondamentale per garantire l'autenticità dei prodotti e rafforzare l'efficacia dei controlli ufficiali.

L'elaborato si articola in tre capitoli. Il primo analizza il concetto di sicurezza alimentare, il fenomeno delle frodi, le autorità competenti; il secondo approfondisce la filiera delle

carni e le principali metodologie analitiche utilizzate per l'individuazione delle frodi. Il terzo infine esamina il quadro normativo europeo e nazionale, evidenzia le criticità emerse e l'importanza di un approccio integrato basato sulla cooperazione tra istituzioni, controlli ufficiali e innovazione scientifica.

CAPITOLO I

INQUADRAMENTO SCIENTIFICO E GIURIDICO DELLE FRODI NEI PRODOTTI DELLA CARNE

1. Cenni sul quadro normativo EU

La disciplina dell'Unione Europea in materia di sicurezza alimentare¹ ha subito una evoluzione progressiva, animata dall'obiettivo di garantire un elevato livello di protezione della salute dei consumatori promuovendo al contempo la trasparenza lungo tutta la filiera agroalimentare².

In questo contesto assumono particolare rilevanza i principi di tracciabilità e rintracciabilità degli operatori che consentono di monitorare il percorso degli alimenti delle fasi di produzione fino alla distribuzione e al consumatore finale. La tracciabilità³ permette di ricostruire tutte le fasi attraversate da un prodotto, mentre la responsabilità impone agli operatori del settore alimentare l'obbligo di garantire la conformità degli alimenti e di rispondere di eventuali non conformità o rischi per la salute. Riguardo il quadro storico normativo dell'UE, è necessario considerare il Reg (CE) n. 178/2002 del Parlamento Europeo e Consiglio del 2002 che stabilisce i principi ed i requisiti generali della legislazione alimentare, istituisce l'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA)⁴ e fissa le procedure nel campo della sicurezza alimentare. L'Agenzia si occupa

¹ La sicurezza alimentare (*food safety*) rappresenta l'insieme delle misure volte a garantire che gli alimenti non arrechino danno alla salute del consumatore quando sono preparati e consumati secondo l'uso previsto. Il Reg (CE) n. 178/2002 costituisce la base della normativa alimentare europea, introducendo un approccio fondato sull'analisi del rischio, sul principio di precauzione e sulla responsabilità primaria dell'operatore del settore alimentare. Vedi P. Borghi, *Sicurezza degli alimenti e dei mangimi nel Reg. CE n. 178/2002*, in P. Borghi (a cura di), *Trattato di diritto dell'Unione Europea. Agricoltura, alimentazione e ambiente*, Lefebvre Giuffrè, Milano, pp. 303-318.

² Pacchetto Igiene. *Normativa europea sulla sicurezza*

³ La tracciabilità rappresenta uno degli obblighi fondamentali introdotti dal Regolamento (CE) n. 178/2002 a carico degli operatori del settore alimentare. Essa consiste nella possibilità di ricostruire e seguire il percorso di un alimento attraverso tutte le fasi di produzione, della trasformazione e della distribuzione. Tale sistema consente di individuare l'origine delle materie prime e di mettere le relative informazioni a disposizione delle autorità competenti. La tracciabilità assume un ruolo centrale nel sistema della sicurezza alimentare poiché permette di effettuare ritiri mirati dei prodotti a rischio, agevola la gestione delle emergenze e contribuisce a garantire la fiducia dei consumatori e la lealtà dei rapporti commerciali. Inoltre, il Reg (CE) n. 178/2002 considera la filiera alimentare come un unico processo integrato, nel quale ogni fase della produzione può incidere sulla sicurezza del prodotto finale. Cfr. F. Prete, *La tracciabilità*, in P. Borghi (a cura di), *Trattato di diritto dell'Unione europea. Agricoltura, alimentazione e ambiente*, Lefebvre Giuffrè, Milano, pp. 353-358.

⁴ L'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA – European Food Safety Authority) è stata istituita dal Reg (CE) n. 178/2002 con l'obiettivo di fornire consulenza scientifica indipendente e supporto tecnico in materia di sicurezza alimentare. L'EFSA svolge un ruolo centrale nella valutazione del rischio, elaborando pareri scientifici fondati su dati disponibili e garantendo che tale attività sia svolta in modo

di fornire consulenze scientifiche indipendenti sui rischi connessi alla catena alimentare⁵. Un ulteriore regolamento fondamentale per tutelare il consumatore è il Reg. (UE) n. 1169/2011 che disciplina le informazioni sugli alimenti fornite al consumatore, con l'obiettivo di garantire chiarezza, trasparenza e correttezza dell'etichettatura. Il Reg. (UE) n. 2017/625 è relativo ai controlli ufficiali e ad altre attività ufficiali che si effettuano con lo scopo di garantire la legislazione sugli alimenti e sui mangimi, delle norme sulla salute e sul benessere degli animali, sulla sanità delle piante e sui prodotti fitosanitari. Nel complesso queste disposizioni contribuiscono a definire un sistema integrato di sicurezza alimentare, basato sulla prevenzione, sul controllo e sulla responsabilizzazione degli operatori lungo tutta la filiera.

2. La frode alimentare

Nel contesto della sicurezza alimentare, assumono particolare importanza le frodi alimentari, fenomeni complessi che incidono sulla salute pubblica, sulla trasparenza del mercato e sulla fiducia dei consumatori. Queste pratiche consistono nella commercializzazione di prodotti non conformi a quanto dichiarato, attraverso alterazioni, sostituzioni o pratiche ingannevoli per ottenere un vantaggio economico in modo illecito. Rappresentano una delle principali criticità del sistema agroalimentare moderno richiedendo un approccio integrato che coinvolge strumenti normativi e attività di controllo e prevenzione. Con il termine “frode alimentare” s'intende ingannare intenzionalmente e illegalmente il consumatore, producendo e commercializzando alimenti non conformi a quanto detto dalla legislazione. Questa condotta riguarda soprattutto la provenienza delle materie prime, la qualità, la composizione, la commercializzazione e le conservazioni degli alimenti. L'evoluzione del settore agroalimentare ha progressivamente ampliato il concetto tradizionale di frode alimentare, rendendo necessaria una visione che tenga conto non soltanto delle violazioni della normativa vigente, ma anche delle vulnerabilità che caratterizzano le moderne filiere

indipendente, obiettivo e trasparente. I suoi pareri costituiscono un importante supporto per le decisioni adottate dalle istituzioni europee dagli Stati membri in materia di tutela della salute dei consumatori. Cfr. I. Trapè, *I soggetti della valutazione del rischio: EFSA, autorità nazionali*, in P. Borghi (a cura di), *Trattato di diritto dell'Unione europea. Agricoltura, alimentazione e ambiente*, Lefebvre Giuffrè, Milano, pp. 336-345.

⁵ L'EFSA si occupa di valutare i rischi, analizza la sicurezza degli alimenti, mangimi, additivi; supporta la politica europea e comunica i pericoli ai cittadini e gli operatori del settore sui pericoli nuovi ed emergenti.

produttive. La *food fraud* comprende tutte quelle condotte intenzionali poste in essere con lo scopo di conseguire un vantaggio economico attraverso pratiche che alterano l'autenticità, la composizione, l'origine, la qualità o la tracciabilità degli alimenti. L'elemento che contraddistingue tali condotte è rappresentato dalla volontarietà dell'azione e dalla finalità economica perseguita, aspetti che consentono di distinguerle dagli eventi accidentali riconducibili ai tradizionali rischi per la sicurezza alimentare. La frode alimentare si inserisce, pertanto, in un contesto differente rispetto alle problematiche inerenti alla *food safety*, che riguardano la prevenzione dei rischi accidentali per la salute del consumatore derivanti da contaminazioni di natura biologica, chimica o fisica. Diversamente, la *food defense* è rivolta alla prevenzione di atti dolosi finalizzati a compromettere la sicurezza degli alimenti mediante contaminazioni intenzionali. La *food fraud* costituisce invece una categoria autonoma, nella quale il movente principale è rappresentato dall'ottenimento di un profitto economico attraverso pratiche fraudolente che compromettono l'autenticità e l'integrità del prodotto alimentare, pur non essendo necessariamente finalizzate a provocare un danno diretto alla salute del consumatore.

L'attuale configurazione del fenomeno evidenzia come le frodi alimentari producano effetti che vanno ben oltre il danno economico arrecato ai consumatori e agli operatori onesti. Esse incidono negativamente sulla trasparenza del mercato, alterano le dinamiche della concorrenza, compromettono l'affidabilità delle filiere produttive e possono determinare rilevanti ripercussioni sulla sicurezza alimentare qualora vengano impiegate materie prime non conformi o ingredienti di origine sconosciuta. Per tale ragione, la prevenzione delle frodi alimentari rappresenta oggi uno degli obiettivi prioritari delle politiche di gestione del rischio lungo la filiera agroalimentare, attraverso un approccio che integra attività di controllo, sistemi di tracciabilità, valutazione delle vulnerabilità e misure preventive finalizzate a ridurre le opportunità di realizzazione delle condotte fraudolente⁶.

⁶ Spink J., *Food Fraud Prevention*, Springer, Cham, 2019.

Le frodi del settore alimentare riguardano anche i prodotti a denominazione DOP⁷, IGP, IGT, STG⁸, BIO⁹ i quali non rispettano le condizioni necessarie per poter essere definite di quella denominazione certificata.

Le frodi in base al bene giuridico tutelato si distinguono in due tipologie: quelle di natura sanitaria che incidono sulla salute delle persone e, quelle di natura commerciale, che danneggiano i diritti contrattuali di un altro operatore o del consumatore¹⁰.

Le frodi alimentari possono manifestarsi, in base al comportamento dell'operatore alimentare, attraverso modalità che alterano, in misura diversa, la natura e le caratteristiche originarie dell'alimento.

Prima di analizzare i concetti di adulterazione e contraffazione alimentare, è necessario chiarire il significato di alimento genuino, poiché entrambe queste pratiche rappresentano una violazione del principio di genuinità che deve caratterizzare ogni prodotto destinato al consumo umano. Un alimento può essere definito genuino quando conserva integralmente le proprie caratteristiche naturali, qualitative e quantitative, senza

⁷ Le Denominazioni di Origine Protetta (DOP) identificano prodotti le cui fasi di produzione, trasformazione ed elaborazione avvengono interamente in una determinata area geografica; le Indicazioni Geografiche Protette (IGP) richiedono invece che almeno una fase del processo produttivo sia legato al territorio di riferimento. Le Specialità Tradizionali Garantite (STG) valorizzano metodi di produzione e composizioni tradizionali indipendentemente dall'area geografica, mentre il regime di produzione biologica certifica il rispetto di specifici metodi produttivi orientati alla sostenibilità ambientale e benessere animale. Le DOP e le IGP rappresentano strumenti di tutela dell'origine certificata dei prodotti agroalimentari e costituiscono una componente essenziale del patrimonio agroalimentare e del Made in Italy. La loro protezione assume rilievo anche sul piano penale attraverso la repressione delle condotte fraudolente che determinano un inganno circa la provenienza o le caratteristiche qualitative del prodotto, potendo integrare tanto la contraffazione delle indicazioni geografiche quanto le tradizionali fattispecie di frode in commercio.

A cura di: A. Di Lauro, *Le Denominazioni di origine protette (DOP) e le Indicazioni geografiche protette (IGP)*, in P. Borghi (a cura di), *Trattato di diritto dell'Unione europea. Agricoltura, alimentazione e ambiente*, Lefebvre Giuffrè, Milano, pp. 605-617; I. Trapè, *Le Specialità Tradizionali Garantite (STG)*, ivi, pp. 633-640; M. Ferrari, *L'agricoltura biologica*, ivi, pp. 643-655; F. Raffone, *Il sistema sanzionatorio penale e le intersezioni col sistema dei controlli: diffida, prescrizione estintiva e altri strumenti di estinzione del reato*, in P. Borghi, L. Costantino (a cura di), *I controlli ufficiali nella filiera agroalimentare*, Giappichelli, Torino, 2026, pp. 188-189.

⁸DOP: Denominazione di Origine Protetta

IGP: Indicazione Geografica Protetta

IGT: Indicazione Geografica Tipica

STG: Specialità Tradizionale Garantita

BIO: agricoltura biologica, no OGM

⁹ *Le frodi commerciali in ambito agroalimentare: L'illegal blending dell'olio d'oliva, un caso studio*. Disponibile su: <https://www.carabinieri.it/media---comunicazione/silvae/la-rivista/aree-tematiche/agricoltura-e-alimentazione/le-frodi-commerciali-in-ambito-agroalimentare-l-illegal-blending-dell-olio-d-oliva-un-caso-studio>

¹⁰ F. Raffone, *Il sistema sanzionatorio penale e le intersezioni col sistema dei controlli: diffida, prescrizione estintiva e altri strumenti di estinzione del reato*, in P. Borghi, L. Costantino, a cura di, *I controlli ufficiali nella filiera agroalimentare*, Giappichelli, 2026, 88.

alterazioni, manipolazioni o modifiche che ne compromettono l'autenticità. In altre parole, un tale alimento corrisponde alla sua natura originaria e non contiene sostanze estranee né presenta modificazioni tali da alterarne la composizione reale.

Il concetto di genuinità è strettamente collegato a quello di autenticità del prodotto alimentare.

La genuinità coincide con la natura propria dell'alimento intesa come corrispondenza tra ciò che il prodotto realmente è e, ciò che appare o viene dichiarato al consumatore. Di conseguenza, un alimento perde il carattere della genuinità quando viene falsificato attraverso pratiche di contraffazione o adulterazione.

La contraffazione (disciplinata dagli artt. 440 e 442 del Codice penale) consiste nella creazione fraudolenta di un prodotto che viene presentato come un alimento genuino, pur possedendo caratteristiche differenti rispetto a quello autentico. In questo caso l'alimento viene sostanzialmente "costruito" o imitato attraverso l'impiego di ingredienti o procedimenti che gli conferiscono soltanto l'apparenza del prodotto originale. L'obiettivo è quello di indurre il consumatore in errore facendogli credere di acquistare un alimento autentico quando in realtà si trova di fronte ad un prodotto diverso per composizione, qualità o provenienza. La contraffazione rappresenta una vera e propria forma di falsificazione, fondata sull'imitazione dell'alimento genuino e sulla volontà di riprodurre artificialmente le caratteristiche esteriori.

Diverso invece è il concetto di adulterazione (anch'esso menzionato e punito agli artt. 440 e 442 del Codice penale). In questo caso l'alimento esiste già prima dell'intervento dell'autore della frode, ma viene successivamente modificato attraverso alterazioni della sua composizione originaria. L'adulterazione può avvenire mediante l'aggiunta di sostanze estranee, la sostituzione di componenti caratteristici con altri di minor valore, la sottrazione di elementi propri del prodotto oppure l'aumento della quantità di uno o più componenti già presenti nell'alimento. Tali operazioni vengono realizzate mantenendo inalterata l'apparenza esterna del prodotto, rendendo così difficile per il consumatore accorgersi della manipolazione subita¹¹.

Un esempio tipico di adulterazione è rappresentato dalla miscelazione dell'olio extra vergine di oliva con oli vegetali di diversa origine e qualità inferiore, che consente di ridurre i costi di produzione mantenendo l'apparenza del prodotto originale. Un altro caso

frequente è l'annacquamento, ossia l'aggiunta di acqua ad un alimento liquido. In questa situazione non si sostituisce alcun componente, ma si altera il rapporto naturale tra gli elementi costitutivi del prodotto aumentando artificialmente la quantità di acqua già normalmente presente.

La principale differenza tra contraffazione e adulterazione risiede dunque nel fatto che, nella prima ipotesi, il prodotto viene creato ex novo attraverso un processo di imitazione fraudolenta, mentre nella seconda si interviene su un alimento già esistente modificandone la composizione originaria. Entrambe le pratiche possono arrecare danno economico e sanitario al consumatore.

Diverso dai concetti di adulterazione e contraffazione è il fenomeno dell'alterazione, poiché identifica uno stato del prodotto derivante da processi naturali di deterioramento. Il termine alterazione nel linguaggio giuridico e tecnico viene utilizzato per descrivere le modificazioni che un alimento subisce spontaneamente nel tempo a causa di fenomeni biologici, chimici, fisici o enzimatici che ne compromettono le caratteristiche originarie. Si tratta quindi di un processo degenerativo naturale che può verificarsi durante la conservazione, il trasporto o la commercializzazione dell'alimento, soprattutto quando le condizioni ambientali non risultano adeguate a preservarne la qualità e la sicurezza.

Le alterazioni (punte all'art. 444 del Codice penale e più diffusamente nella L. n. 283 del 1962, al combinato disposto dell'art. 5 e 6)¹² sono frequentemente causate dall'azione di microrganismi quali batteri, lieviti, muffe che trovano condizioni favorevoli per la loro proliferazione in presenza di temperature, umidità o modalità di conservazione non corrette. Tuttavia, anche fenomeni di natura chimica, come l'ossidazione dei grassi o dei processi enzimatici naturalmente presenti negli alimenti possono determinare modificazioni delle caratteristiche organolettiche del prodotto, alterandone colore, odore, sapore, consistenza e valore nutrizionale.

A differenza delle altre frodi alimentari, l'alterazione non implica un comportamento fraudolento o intenzionale da parte dell'operatore del settore alimentare. Essa rappresenta infatti un fenomeno spontaneo che può verificarsi anche in assenza di manipolazioni dolose, come conseguenza del naturale deperimento dell'alimento o di condizioni di

¹² Al solo fine di completezza, si può sinteticamente ricordare che l'art. 5 della L. 283/1962 vieta la produzione, la detenzione, la vendita e la distribuzione di alimenti alterati, adulterati, contraffatti, contaminati o non conformi alle caratteristiche previste dalla legge. La norma disciplina l'impiego di additivi, coloranti e residui di sostanze chimiche, con l'obiettivo di tutelare la salute pubblica e garantire la sicurezza degli alimenti destinati al consumo umano.

conservazione non ottimali. Per tale motivo, il concetto di alterazione non coincide con quello di non genuinità.

Dal punto di vista della sicurezza alimentare, le alterazioni assumono comunque un ruolo di grande rilevanza poiché possono rendere l'alimento inadatto al consumo umano e, nei casi più gravi, potenzialmente pericoloso per la salute del consumatore. Per questo motivo la normativa alimentare impone agli operatori del settore alimentare specifici obblighi di controllo, conservazione e monitoraggio dei prodotti lungo tutte le fasi della filiera, al fine di prevenire l'insorgenza di fenomeni alterativi e garantire il mantenimento delle condizioni igienico-sanitarie necessarie alla tutela della salute pubblica.

La sofisticazione (con riferimento alle pratiche punite dall'art. 515 c.p. e dall'art. 5 della L. 283 del 1962) rappresenta una particolare forma di alterazione fraudolenta degli alimenti, che si distingue dall'adulterazione e dalla contraffazione per le modalità con cui viene realizzata e per le finalità perseguite. In ambito alimentare, il termine viene utilizzato per indicare tutte quelle pratiche dirette a modificare artificialmente un prodotto al fine di migliorarne apparentemente l'aspetto, mascherarne i difetti o renderlo più appetibile agli occhi del consumatore, senza che tali modifiche corrispondano ad un reale miglioramento delle sue caratteristiche qualitative.

Lo scopo è quello di occultare i difetti, imperfezioni o carenze qualitative del prodotto, inducendo il consumatore a percepirlo come più pregiato, fresco o genuino di quanto non sia realmente.

Tra gli esempi più frequenti di sofisticazione alimentare rientrano l'impiego di coloranti per rendere più intenso il colore di un alimento, l'utilizzo di sostanze aromatiche per simulare caratteristiche organolettiche superiori o l'aggiunta di ingredienti capaci di mascherare difetti derivanti da processi di conservazione non ottimali. In questi casi il prodotto mantiene un'apparenza di qualità, pur non possedendo realmente le caratteristiche che il consumatore si aspetterebbe.

In sintesi, le frodi sanitarie rappresentano un certo pericolo per la salute pubblica poiché riguardano la produzione e la commercializzazione di alimenti potenzialmente nocivi. Il soggetto responsabile, al fine di ottenere un profitto economico, mette tali sostanze possibilmente dannose in commercio per il consumatore violando gli artt. 439, 440, 442, 444 del Codice Penale¹³ e l'art. 5 della L. 283 del 1962.

¹³ Codice Penale italiano, artt. 439-440-442-444 e artt. 515-516-517- quater.

Le frodi commerciali non comportano necessariamente un'alterazione della sicurezza dell'alimento, ma determinano un inganno nei confronti del consumatore relativamente all'origine, alla qualità o alle caratteristiche del prodotto. Rientrano in questa categoria, ad esempio, la vendita di prodotti con etichettature ingannevoli, l'indicazione falsa della specie animale o pratiche scorrette nella commercializzazione. Tali condotte hanno da sempre, fino ad una recentissima riforma, violato gli articoli 515, 516, 517, 517 - *quater* del Codice Penale e arrecano un danno principalmente di natura economica e commerciale¹⁴.

L'inquadramento delle frodi alimentari non si esaurisce tuttavia nelle definizioni giuridiche e nelle tradizionali classificazioni tra frodi sanitarie e commerciali. Negli ultimi anni, infatti, la letteratura scientifica internazionale ha proposto un'interpretazione più ampia del fenomeno attraverso il concetto di *food crime*, volto a ricomprendere tutte quelle condotte intenzionali che compromettono l'integrità del sistema alimentare e che sono poste in essere con finalità prevalentemente economiche.

Secondo tale impostazione, la criminalità alimentare non coincide esclusivamente con le condotte che integrano una fattispecie di reato o di illecito amministrativo, ma comprende anche pratiche produttive e commerciali che, pur operando entro i limiti della legalità formale, possono produrre conseguenze rilevanti sotto il profilo della salute pubblica, tutela del consumatore, della sostenibilità ambientale e del benessere animale. Il concetto di *food crime* supera pertanto una concezione strettamente normativa della frode alimentare, proponendo una lettura sistemica delle vulnerabilità che caratterizzano il moderno sistema agroalimentare. In tale prospettiva, le frodi alimentari non rappresentano esclusivamente episodi isolati riconducibili all'iniziativa di singoli operatori, ma costituiscono l'espressione di un fenomeno favorito dalla crescente complessità delle filiere produttive, dall'internalizzazione degli scambi commerciali e

¹⁴ Da segnalare, infine, la recente riforma introdotta dalla l. 21 aprile 2026, n. 75, recante *Disposizioni sanzionatorie a tutela dei prodotti alimentari italiani*, che ha profondamente innovato il sistema dei reati alimentari. La legge ha inserito nel titolo VIII del libro II c.p. il riferimento al «patrimonio agroalimentare» quale autonomo bene giuridico, ha istituito un nuovo Capo II-bis dedicato ai delitti contro tale interesse, ha introdotto la nuova fattispecie di *frode alimentare* (art. 517-sexies c.p.), destinata ad assorbire, per il settore alimentare, la disciplina della frode in commercio e della vendita di sostanze alimentari non genuine come genuine, contestualmente abrogando l'art. 516 c.p. Sul punto, si veda fra i primissimi commenti sul tema: E. Birritteri, *Una prima analisi dei profili penalistici della legge n. 75 del 2026 recante «Disposizioni sanzionatorie a tutela dei prodotti alimentari italiani»*, in *Sistema penale*, 8 giugno 2026. Alcune riflessioni in prospettiva di riforma, quando questa non era stata ancora attuata, in F. Raffone, *Le frodi in commercio e la tutela del Made in Italy*, in F. Diamanti, a cura di, *Alimenti e diritto penale. Quale futuro?*, Jovene, 2026, 171 ss.

dalla presenza di articolate catene di approvvigionamento. La molteplicità degli intermediari, la frammentazione dei processi produttivi e le asimmetrie informative tra operatori economici e consumatori possono infatti creare condizioni favorevoli alla realizzazione di pratiche fraudolente e rendere più di difficile l'individuazione della responsabilità lungo la filiera. L'approccio proposto dalla dottrina internazionale evidenzia, pertanto come il contrasto alla criminalità alimentare non possa limitarsi alla repressione delle singole condotte illecite, ma debba fondarsi anche sul rafforzamento della trasparenza delle filiere, sull'efficacia dei sistemi di tracciabilità, sull'implementazione di adeguati strumenti di controllo e sulla responsabilizzazione di tutti gli operatori coinvolti nel sistema agroalimentare. In questa prospettiva, la tutela del consumatore assume una dimensione più ampia, estendendosi non solo alla sicurezza igienico – sanitaria degli alimenti, ma anche alla garanzia della loro autenticità, qualità e corretta informazione¹⁵.

2.1 Il caso “*Horsegate*”

A titolo esemplificativo, si è analizzato il caso “*Horsegate*”: lo scandalo della carne di cavallo avvenuto nel 2013. Nello specifico, esso rappresenta uno dei casi più complessi di frodi alimentari a livello europeo, sia per quanto riguarda l'entità del fenomeno che per la struttura organizzata della filiera coinvolta. L'indagine è iniziata in Irlanda, grazie a delle analisi condotte dalla *Food Safety Authority*¹⁶, le quali hanno rilevato presenza significativa di DNA equino in prodotti che erano stati dichiarati come contenenti solo carne bovina, in alcuni casi anche con percentuali alte, evidenziando così una vera e propria sostituzione della materia prima. Il documento analizzato sottolinea come la frode sia stata possibile dalla configurazione della *supply chain*¹⁷, costituita da molti operatori nei diversi Paesi europei e da una netta separazione tra le fasi di macellazione, lavorazione, trasformazione e distribuzione. In sostanza, la filiera produttiva era molto molto lunga e poco trasparente. Questo ha causato una perdita di informazioni lungo la

¹⁵ Matthew Robinson, *Food Crime: An Introduction to Deviance in the Food Industry*, Routledge, New York, 2024.

¹⁶ Bashura, J. P. (2020). *Food defense: Back to the basics*. In *Building the future of food safety technology* (pp. 101–118).

¹⁷ La *supply-chain* rappresenta l'insieme dei processi, delle attività e degli operatori coinvolti nella produzione, trasformazione e distribuzione di un bene, dalla fase primaria fino alla sua immissione sul mercato e al consumo finale.

catena di produzione e ha reso difficile la verifica dell'origine del prodotto. La presenza poi di circuiti paralleli, in cui i prodotti leciti e illeciti si sovrapponevano ha complicato maggiormente l'individuazione della frode. Un elemento centrale che si è evidenziato è stato il ruolo degli operatori interni alla filiera, i cosiddetti “*insider*”, i quali sfruttando la propria posizione, hanno avuto la possibilità di manipolare la documentazione, l'etichettatura, i flussi commerciali consentendo così la sostituzione della carne bovina con quella equina senza creare nessun tipo di sospetto. In particolare alcuni intermediari commerciali noti alle indagini e all'opinione pubblica, hanno creato fasi di criticità durante l'approvvigionamento, mentre altre aziende di trasformazione hanno contribuito alla diffusione del prodotto adulterato e successivamente distribuito poi dai grandi operatori della GDO¹⁸ come Tesco, Aldi, ecc. Queste aziende hanno provveduto al ritiro dei prodotti adulterati e hanno avviato procedure di verifiche interne, dichiarando di aver agito in buona fede sulla base delle informazioni date loro dai fornitori. Gli operatori hanno fatto leva sulla regolarità della documentazione commerciale e sulle conformità apparenti dei flussi di approvvigionamento, mettendo in luce le difficoltà di avere un controllo diretto su tutte le fasi della filiera produttiva. In questi casi solitamente la responsabilità è affidata ai livelli precedenti della catena di fornitura, evidenziando così una dinamica di trasferimento della colpa a una catena di approvvigionamento troppo lunga e dispersiva. Un ulteriore elemento che evidenzia la complessità del sistema è rappresentato dal coinvolgimento di società registrate in Paesi diversi come Cipro, utilizzate come intermediari, la cui presenza ha aumentato ulteriormente l'opacità della *supply chain*¹⁹, e l'individuazione delle responsabilità. Il caso evidenzia i limiti operativi dei sistemi di tracciabilità previsti dal Reg. (CE) n. 178/02²⁰ i quali, nonostante la loro idoneità, si sono dimostrati inefficaci in presenza di filiere di produzione lunghe e poco trasparenti, poiché erano basate solo su controlli documentali e di fiducia tra gli operatori. In tale contesto, la frode non solo è stata resa possibile, ma si è altresì protratta nel tempo prima di essere individuata.

Lo scandalo ha assunto rapidamente una dimensione sovranazionale, coinvolgendo numerosi Stati membri dell'Unione europea e determinando il ritiro di migliaia di prodotti

¹⁸ GDO: *Grande Distribuzione Organizzata*

¹⁹ Supply Chain Management: An International Journal. (2021). *Volume 26(5)*, 565–578. Disponibile su: <https://doi.org/10.1108/SCM-08-2019-0292>

²⁰ Reg (CE) n. 178/2002: *introduce i principi quali sicurezza alimentare e tracciabilità.*

dal mercato. Pur non essendo emerso un rischio sanitario generalizzato legato al consumo di carne equina in sé, il caso ha evidenziato una grave violazione dei principi di trasparenza e correttezza dell'informazione al consumatore, compromettendo la fiducia nei confronti dell'intera filiera agroalimentare.

Alla base della frode vi era principalmente un incentivo economico: la carne equina presentava infatti un costo sensibilmente inferiore rispetto a quella bovina, consentendo agli operatori coinvolti di ottenere margini di profitto maggiori attraverso la sostituzione fraudolenta della materia prima.

Il caso Horsegate rappresenta un esempio paradigmatico di *food fraud*, in quanto la sostituzione della specie animale è stata realizzata intenzionalmente allo scopo di conseguire un vantaggio economico, mediante l'inganno del consumatore e la falsificazione delle informazioni riportate in etichetta. L'episodio ha inoltre determinato un rafforzamento delle attività di controllo da parte delle autorità europee e nazionali, favorendo l'adozione di programmi coordinati di campionamento del DNA, una maggiore cooperazione tra gli Stati membri e lo sviluppo di strumenti specificamente orientati alla prevenzione delle frodi alimentari, basati sulla valutazione del rischio di frode (*food fraud vulnerability assessment*).

Il caso “Horsegate” dimostra come le frodi alimentari possano assumere una dimensione ben organizzata e sistematica, data tra l'interazione degli incentivi economici, la vulnerabilità strutturale della filiera e la carenza nei sistemi di controllo, mettendo in evidenza la necessità di prevenire e reprimere questi fenomeni. Emerge dunque l'esigenza di rivoluzionare il sistema di controllo integrando oltre ai tradizionali meccanismi basati sulla registrazione dei flussi, anche controlli analitici e maggiori responsabilità da parte degli operatori della catena di produzione, combinati con analisi di laboratorio, in grado di accertare l'effettiva composizione degli alimenti.

3. Evoluzione storica del fenomeno

Le frodi alimentari perpetrate a danno dei consumatori si sono verificate in ogni epoca e in ogni paese. Storicamente sono nate con il commercio per aumentare i profitti e hanno sempre interessato cibi e bevande come vino, pane, olio, latte e carne. Nell'antico Egitto chi poneva in essere comportamenti di raggirio con truffa in ambito alimentare veniva condannato a morte. Oltre all'adozione di misure repressive, gli Egizi furono anche

pionieri nell'attuazione di attività di prevenzione, grazie all'apposizione di un contrassegno alle carni macellate. Nell'antichità, le pratiche di adulterazione consistevano, ad esempio, nel dolcificare il vino mediante l'impiego di piombo o nel sofisticare gli alimenti aumentandone artificialmente il peso attraverso l'aggiunta di gesso, argilla, sabbia e altri materiali economici e facilmente reperibili, anche in considerazione della difficoltà di individuare tali alterazioni. Alla fine dell'Ottocento, si sono diffusi il vino fabbricato senza uva, il formaggio che si produceva senza latte e il caffè con aggiunta di cicoria. Nel 1898 ci fu lo scandalo delle scatolette di carne avariata distribuite ai soldati statunitensi durante la guerra di Cuba. Dopo le due Guerre Mondiali gli speculatori sofisticavano gli alimenti: l'olio di oliva con olio di tè o olio sintetico, alla farina si aggiungeva colla di pesce, al vino si addizionava lo zucchero. Negli anni Ottanta, oltre allo scandalo della diffusione del vino al metanolo, con la conseguente intossicazione di molte persone e successivi decessi ci fu l'impiego di solfiti o nitrati come stabilizzatori del colore rosso delle carni macinate. Negli ultimi vent'anni, l'aumento delle frodi alimentari è stato favorito dalla globalizzazione dei mercati, rendendo così necessario rafforzare tutte le modalità di prevenzione, individuazione e controllo. I truffatori si sono evoluti insieme al mercato sviluppando delle strategie laboriose, così da sfuggire ai vari controlli e non dare nell'occhio.

Con l'espansione degli scambi commerciali e l'internazionalizzazione dei mercati agroalimentari, il fenomeno ha assunto una dimensione sempre più ampia. La crescente distanza tra luogo di produzione e luogo di consumo, insieme all'aumento degli intermediari coinvolti nella distribuzione degli alimenti, ha reso le filiere articolare e poco trasparenti, contribuendo ad aumentare la vulnerabilità del sistema agroalimentare²¹.

Nel frattempo, i lavoratori scientifici cercano di stare al passo elaborando nuovi metodi analitici per contrastare questo ineluttabile fenomeno. Si stima che le frodi alimentari portino alle industrie alimentari perdite annuali comprese tra i 30 e i 40 miliardi di dollari. Considerando i richiami dei prodotti, i rischi per i consumatori, il valore globale della contraffazione alimentare ammonta a circa 1,7 trilioni di dollari (*Roger Sexton undercurrentnews*, 2015). Successivamente, c'è stata una svolta dal punto di vista della

²¹ MDPI Encyclopedia, "Food Fraud", 2024.

sicurezza alimentare con la stesura e pubblicazione del *libro bianco*²² della sicurezza alimentare negli anni 2000²³ e il Regolamento (CE) n. 178 del 2002²⁴. Da allora sono trascorsi poco più di vent'anni e, con una globalizzazione in costante espansione, risulta fondamentale mantenersi al passo con le innovazioni al fine di fronteggiare efficacemente i rischi connessi alle frodi alimentari. In un mercato sempre più globalizzato, la prevenzione delle frodi alimentari rappresenta un elemento essenziale per garantire la tutela dei consumatori, la trasparenza degli scambi commerciali e la fiducia nel sistema alimentare.

4. Globalizzazione del mercato e aumento rischi frodi

La frode alimentare rappresenta oggi una delle principali minacce all'integrità delle filiere agroalimentari globali. Si tratta di un fenomeno complesso che comprende tutte le pratiche intenzionali e motivate da vantaggi economici volte ad alterare, adulterare o falsificare alimenti e informazioni associate ai prodotti. Rientrano in questa definizione la sostituzione di ingredienti, la diluizione delle materie prime, la contraffazione, l'etichettatura ingannevole, la falsificazione dei documenti commerciali e delle certificazioni, la modifica delle date di scadenza e la vendita di prodotti di qualità inferiore come fossero prodotti di pregio²⁵. In alcuni casi la frode alimentare può assumere forme ancora più gravi e configurarsi come vera e propria criminalità alimentare, comprendendo atti di sabotaggio, contaminazioni volontarie o persino bioterrorismo (food security)²⁶.

La crescente globalizzazione dei mercati agroalimentari ha contribuito ad aumentare la vulnerabilità delle filiere nei confronti di queste pratiche fraudolente. L'espansione del commercio internazionale ha infatti determinato la formazione di catene di approvvigionamento sempre più lunghe e complesse, caratterizzate dalla presenza di numerosi intermediari e da continui passaggi tra diversi Paesi. Ogni trasferimento di

²² Libro bianco della sicurezza alimentare (2000): documento della Commissione Europea che ha posto le basi per la riforma alimentare, introducendo un approccio integrato “*dal campo alla tavola*” e fondato sull'analisi del rischio.

²³ *Sicurezza alimentare nell'Unione europea*. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=LEGISSUM:l32041>

²⁴ Reg. CE 178/2002: Sicurezza alimentare.

²⁵ Konstantinos Giannakas, Amalia Yiannaka. 2023. Frode alimentare: cause, conseguenze e strategie di deterrenza. *Revisione annuale dell'economia delle risorse*. 15:85-104.

²⁶ Il bioterrorismo consiste nell'uso deliberato di agenti biologici, come batteri, virus o tossine per causare malattie, danni economici o panico nella popolazione. Nel settore alimentare può avvenire attraverso la contaminazione intenzionale di acqua o materie prime. Il suo scopo non è un tornaconto economico, ma danneggiare la salute pubblica e la sicurezza collettiva.

proprietà del prodotto rappresenta un potenziale punto critico in cui possono verificarsi manipolazioni, sostituzioni o falsificazioni. Inoltre, la frammentazione geografica delle produzioni e delle lavorazioni rende più difficile la tracciabilità e il controllo dell'origine reale degli alimenti.

La globalizzazione favorisce inoltre l'emergere di asimmetrie informative tra produttori e consumatori. I produttori conoscono le caratteristiche reali del prodotto, mentre i consumatori non possiedono gli strumenti necessari per verificarne autonomamente qualità, autenticità, origine geografica o metodo di produzione. Questa situazione crea vantaggio informativo per gli operatori economici e può incentivare comportamenti fraudolenti, soprattutto quando i prodotti autentici godono di elevati prezzi. Ad esempio, alimenti biologici, prodotti DOP e IGP, oli extravergine di oliva, miele, carne certificata e prodotti ittici possono essere oggetto di falsificazioni proprio perché il loro valore commerciale è superiore rispetto ai prodotti convenzionali.

Numerosi casi documentati dimostrano la diffusione globale del fenomeno. Tra gli episodi più gravi vi è lo scandalo del latte in polvere contaminato con melamina verificatosi in Cina nel 2008, per adulterare i livelli di proteine nel latte in polvere²⁷. Analogamente diversi casi di adulterazione di bevande alcoliche con metanolo in Norvegia, Polonia, Repubblica Ceca e Slovenia che causarono decine di decessi e numerosi ricoveri ospedalieri²⁸.

Nella regione Asia-Pacifico sono stati segnalati numerosi altri episodi di frode alimentare. In Pakistan le autorità le autorità sequestrano frequentemente latte adulterato con acqua contaminata e urea; in Bangladesh alcune aziende producevano succhi di frutta senza utilizzare frutta, ma impiegando sostanze chimiche potenzialmente pericolose²⁹.

Anche l'etichettatura fraudolenta dell'origine geografica costituisce un problema particolarmente diffuso. Nell'Unione Europea si stima che circa il 9% dei prodotti protetti da indicazioni geografiche presenti caratteristiche fraudolente³⁰. Studi condotti su

²⁷ Xiu C, Klein KK. 2010. Melamina nei prodotti lattiero-caseari in Cina: esaminare i fattori che hanno portato all'uso deliberato del contaminante. *Politica alimentare* 35:5463–70

²⁸ Zakharov S, Pelelova D, Urban P, Navratil T, Diblik P et al. 2014. Epidemia di metanolo di massa ceca 2012: epidemiologia, sfide e caratteristiche cliniche. *Clin. Tossico.* 52:101013–24

²⁹ FAO (Food Agric. Organo.) 2021. *Frode alimentare: intenzione, rilevamento e gestione. Toolkit tecnico per la sicurezza alimentare per l'Asia e il Pacifico* Rep. 5 Food Agric. Organo. Bangkok

³⁰ EUIPO (Intelletto UE. Prop. Spento.) 2016. *Violazione delle indicazioni geografiche protette per vino, liquori, prodotti agricoli e prodotti alimentari nell'Unione europea* Rep. EU Intelletto. Prop. Spento. Alicante, Spagna.

prodotti DOP hanno evidenziato sostituzioni di specie nel 71,4% dei prodotti lattiero-caseari analizzati e nel 46,1% dei prodotti a base di carne³¹.

Un ulteriore elemento che favorisce le frodi è rappresentato dalla difficoltà dei sistemi di controllo nel monitorare efficacemente filiere globalizzate. La probabilità di individuare un comportamento fraudolento dipende infatti dal numero di operatori coinvolti, dalle risorse disponibili per le attività ispettive e dalla facilità con cui le autorità riescono a verificare l'autenticità dei prodotti. All'aumentare della complessità di filiera diminuiscono le possibilità di rilevare tempestivamente le irregolarità, mentre aumentano le opportunità di occultare le pratiche illecite.

Per contrastare tali fenomeni, negli ultimi anni sono stati sviluppati strumenti specifici di valutazione della vulnerabilità alle frodi alimentari. A differenza dei tradizionali sistemi di HACCP, progettati principalmente per garantire la sicurezza alimentare, questi strumenti mirano a identificare le debolezze che possono favorire attività fraudolente. Negli Stati Uniti, l'*Hazard Analysis and Risk-Based Preventive Controls* (HARPC), introdotti dal *Food Modernization Act* (FSMA) del 2011, rappresenta un'evoluzione del sistema di HACCP e si basa principalmente su un approccio preventivo. Le aziende alimentari sono tenute ad individuare preventivamente i potenziali rischi legati sia alla sicurezza alimentare sia a possibili fenomeni di adulterazione predisponendo adeguate misure di controllo, azioni correttive e procedure di verifica per garantire l'efficacia del piano adottato³².

Tra i principali fattori di vulnerabilità figurano la scarsa trasparenza della filiera, la presenza di numerosi intermediari, le forti differenze di prezzo tra prodotti autentici e sostituiti, la carenza di sistemi di tracciabilità e l'insufficienza delle misure di controllo e sorveglianza.

La cooperazione internazionale rappresenta un altro elemento fondamentale nella lotta alle frodi alimentari. In Europa operano sistemi come il *Rapid Alert System for Food and*

³¹ Di Pinto A, Mottola A, Marchetti P, Savarino A, Tantillo G. 2019. Sostituzione fraudolenta di specie nell'e-commerce di prodotti di origine della denominazione protetta (pdo). *J. Composizione alimentare. Anale.* 79:143–47

³² Manning L, Kowalska A., Considering Fraud Vulnerability Associated with Credence-Based Products Such as Organic Food, *Foods* 2021, 10(8), 1879

*Feed*³³ (RASFF) è un sistema di notifiche gestito dalla Commissione Europea sui pericoli identificati tra gli Stati membri³⁴.

Le nuove tecnologie stanno inoltre assumendo un ruolo sempre più importante nell'identificazione delle frodi. Tecniche come il DNA Barcoding consentono di identificare con precisione le specie animali e vegetali presenti negli alimenti, permettendo di individuare sostituzioni fraudolente nelle carni e nei prodotti ittici.

Nel complesso, la letteratura evidenzia come la globalizzazione, pur offrendo enormi opportunità economiche e commerciali, abbia aumentato la complessità delle catene di approvvigionamento agroalimentare e di conseguenza, la vulnerabilità alle frodi. La presenza di numerosi intermediari, le asimmetrie informative tra produttori e consumatori costituiscono fattori che favoriscono il verificarsi di pratiche fraudolente. Per questo motivo risulta indispensabile rafforzare i sistemi di tracciabilità, migliorare la cooperazione internazionale, incrementare le attività ispettive e sviluppare tecnologie sempre più efficaci per la verifica dell'autenticità degli alimenti. La crescente complessità delle filiere alimentari globali ha profondamente modificato anche la natura delle frodi alimentari, che oggi si inseriscono in un contesto produttivo e commerciale caratterizzato da un'elevata articolazione organizzativa. L'approvvigionamento delle materie prime coinvolge frequentemente operatori appartenenti a Paesi diversi, ciascuno soggetto a differenti sistemi normativi, standard qualitativi e modalità di controllo. Tale frammentazione rende più difficile ricostruire il percorso dell'alimento lungo l'intera filiera e verificare con certezza l'origine, la composizione e la conformità dei prodotti destinati al consumo.

L'allungamento delle catene di approvvigionamento, la delocalizzazione delle produzioni e la crescente pressione competitiva esercitata dai mercati internazionali possono favorire l'insorgenza di pratiche opportunistiche finalizzate alla riduzione dei costi di produzione o all'ottenimento di vantaggi economici indebiti. In questo scenario, le frodi alimentari non rappresentano più esclusivamente episodi isolati riconducibili al comportamento illecito di un singolo operatore, ma costituiscono un fenomeno che trae origine anche dalle vulnerabilità strutturali del sistema agroalimentare contemporaneo. La presenza di

³³ RASFF: rete europea di allerta rapida che consente lo scambio di informazioni sui rischi per la sicurezza alimentare tra gli Stati Membri.

³⁴ Euro. Comunicazione 2022. *Relazione annuale 2021: Rete di allerta e cooperazione* Lussemburgo: Eur. Comm Disponibile su: https://food.ec.europa.eu/system/files/2022-07/acn_annual-report_2021-final.pdf

numerosi intermediari e la difficoltà di garantire un controllo costante in ogni fase della filiera possono infatti ridurre la trasparenza id mercato e rendere più complessa l'individuazione delle responsabilità.

La letteratura internazionale evidenzia come tali criticità richiedano un approccio che superi la tradizionale visione repressiva della frode alimentare. Il contrasto a questi fenomeni deve infatti fondarsi su strategie preventive capaci di intervenire lungo la filiera produttiva, attraverso il rafforzamento dei sistemi di tracciabilità, l'adozione di efficaci procedure di controllo, una maggiore condivisione delle informazioni tra gli operatori economici e una più stretta collaborazione con le autorità competenti. Solo un sistema integrato di prevenzione e vigilanza è in grado id garantire un elevato livello di tutela del consumatore, preservando non soltanto la sicurezza degli alimenti, ma anche la loro autenticità, la correttezza delle informazioni commerciali e la fiducia nei confronti del mercato agroalimentare³⁵.

5. La disciplina nazionale in materia di controlli. Il ruolo delle autorità competenti

Nel sistema di sicurezza alimentare, il ruolo delle attività competenti assume una funzione centrale nella prevenzione, nel controllo e nella repressione delle lungo la filiera alimentare. In ambito Europeo e Nazionale, la tutela della salute pubblica e degli interessi economici dei consumatori si fonda su un sistema di controlli ufficiali con lo scopo di garantire la conformità degli alimenti ai requisiti normativi e a contrastare i fenomeni di frode e tutto ciò a cui sono correlate. Il Servizio Sanitario Nazionale³⁶, attraverso le Aziende Sanitarie Locali (ASL), svolge un ruolo di fondamentale importanza nella vigilanza igienico - sanitaria, occupandosi dei controlli lungo la filiera di produzione la quale prevede le diverse fasi di produzione, trasformazione e distribuzione degli alimenti. Le ASL operano attraverso attività ispettive, campionamenti, verifiche documentali, con lo scopo di prevenire rischi per la salute del consumatore. In particolare, il Servizio Igiene degli Alimenti e della Nutrizione nel Dipartimento della Prevenzione si occupa di sicurezza alimentare e igiene nutrizionale attraverso due aree funzionali di Igiene degli alimenti e Igiene della Nutrizione. L'area Igiene degli Alimenti ha lo scopo di tutelare la

³⁵ Robinson M., *Food Crime: An Introduction to Deviance in the Food Industry*, Routledge, New York, 2024.

³⁶ Il Servizio Sanitario Nazionale (SSN) è un sistema pubblico italiano volto alla tutela della salute dei cittadini, che opera anche nel campo della sicurezza alimentare attraverso attività di prevenzione, controllo e vigilanza affidate alle ASL.

salute pubblica attraverso il Controllo ufficiale sulle imprese alimentari che producono trasformano, trasportano e commercializzano prodotti vegetali o comunque non di origine animale, con lo scopo di accertarsi che i requisiti previsti dalla normativa in vigore vengano rispettati. L'area dell'Igiene della Nutrizione ha lo scopo di contrastare nella popolazione le malattie correlate ad un'alimentazione non corretta, intervenendo con l'educazione sanitaria prendendo come target la popolazione a rischio, sorveglianza nutrizionale nelle scuole e valutare tabelle dietetiche nella ristorazione collettiva e consulenze dietetico - nutrizionali sia individuali che collettive. L'attività delle ASL si sviluppa lungo tutta la filiera agroalimentare, secondo un approccio integrato che va dal "campo alla tavola". I controlli iniziano nella fase primaria, con verifiche sull'alimentazione dell'animale, comprendendo la produzione dei mangimi e il controllo dei processi nei mangimifici, con lo scopo di prevenire la presenza di sostanze nocive che potrebbero trasferirsi sui prodotti di origine animale (latte, carne, uova, miele, prodotti ittici). Gli interventi si concentrano all'interno degli allevamenti dove vengono monitorati lo stato di salute degli animali e l'assenza di patologie trasmissibili all'uomo mediante dei programmi di sorveglianza sanitaria e di eliminazione delle malattie, soprattutto nei confronti di quelle patologie a carattere infettivo e diffusivo che possono determinare danni agli animali. Successivamente vengono svolte azioni di farmacovigilanza affinché non rimangano residui nelle produzioni oltre i limiti stabiliti dalla legge o all'uso illecito di sostanze vietate come ormoni e anabolizzanti³⁷. I controlli proseguono nelle fasi di produzione primaria di latte uova e miele nel rispetto dei parametri previsti dalle norme comunitarie in ambito di sicurezza alimentare. È importante inoltre verificare il benessere animale sia negli allevamenti sia durante il trasporto verso i macelli e l'idoneità delle strutture di macellazione, in quanto rappresenta un fattore che incide direttamente sulla qualità e la sicurezza delle produzioni.

A queste funzioni si affiancano iniziative di formazione ed educazione sanitaria rivolte a operatori e consumatori con lo scopo di promuovere una maggiore consapevolezza della sicurezza alimentare.

Nello specifico l'ASL svolge attività di controllo volte a verificare il rispetto delle norme igienico-sanitarie e delle procedure di sicurezza alimentare adottate dagli operatori del

³⁷ ISS Salute. *Ormoni nelle carni*. Disponibile su: <https://www.issalute.it/index.php/la-salute-dalla-a-alla-z-menu/o/ormoni-nelle-carni>

settore. Tra le principali verifiche rientrano il controllo del piano di HACCP e della formazione del personale addetto, oltre alla valutazione delle condizioni igieniche dei locali, della presenza di eventuali infestanti o muffe e del corretto mantenimento delle temperature di conservazione degli alimenti. L'ASL controlla inoltre la conformità delle etichettature, con particolare attenzione alla corretta indicazione degli allergeni, alla tracciabilità dei prodotti e al rispetto delle normative vigenti. Le attività ispettive comprendono anche la verifica della documentazione amministrativa e dei registri relativi alle forniture e alla gestione dei prodotti alimentari.

Un'ulteriore attività fondamentale è svolta dall'Ispettorato Centrale della tutela della qualità e repressioni frodi dei prodotti agroalimentari (ICQRF). Si tratta di un organismo specializzato nella prevenzione e repressione delle frodi nel settore alimentare; interviene in attività come la tutela della qualità dei prodotti, la verifica della correttezza delle informazioni in etichetta e nel contrastare le pratiche commerciali ingannevoli, contribuendo così che il mercato sia trasparente e la protezione del consumatore a livello economico. È un organo del Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare delle Foreste (MASAF)³⁸. Le attività svolte dall'ICQRF risultano fondamentali per la tutela della qualità e dell'autenticità dei prodotti agroalimentari. In particolare, l'Ispettorato si occupa di verificare la correttezza delle informazioni riportate in etichetta e la tracciabilità dei prodotti, controllando che indicazioni relative all'origine, agli ingredienti e alle certificazioni non risultino ingannevoli per il consumatore. Un ulteriore ambito di intervento riguarda la tutela delle denominazioni protette, come DOP, IGP e STG, vigilando affinché tali marchi vengano utilizzati, esclusivamente, dai produttori autorizzati e nel rispetto dei disciplinari previsti. L'ICQRF svolge inoltre un'importante attività di repressione delle frodi alimentari, intervenendo nei casi di contraffazione, falsificazione o commercializzazione di prodotti non conformi alla normativa vigente. A tali figure si affianca anche il Comando Carabinieri per la Tutela della Salute, noto come NAS³⁹ (Nucleo Antisofisticazioni e Sanità). Si tratta di un reparto specializzato dell'Arma dei Carabinieri che opera nel settore della tutela della salute pubblica, con competenze scientifiche anche in ambito alimentare. I NAS svolgono attività di controllo,

³⁸ MASAF. *Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste*. Disponibile su: <https://www.masaf.gov.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/394>

³⁹ Comando Carabinieri per la tutela della salute. *Attività e organizzazione*. Disponibile su: <https://www.carabinieri.it/chi-siamo/oggi/organizzazione/mobile-e-speciale/comando-carabinieri-per-la-tutela-della-salute>

prevenzione e repressione degli illeciti, intervenendo lungo l'intera filiera alimentare attraverso ispezioni, verifiche documentali e indagini di polizia giudiziaria. Il loro operato si concentra in particolare su casi di maggiore gravità, in cui le violazioni assumono rilevanza penale o comportano rischi significativi per la salute del consumatore.

I Carabinieri NAS svolgono un'importante attività di controllo e vigilanza nel settore della tutela della salute pubblica, occupandosi in particolare della prevenzione e repressione delle frodi alimentari. Le loro attività riguardano casi di sofisticazione, adulterazione e contaminazione degli alimenti, sia intenzionale sia derivante dal mancato rispetto delle normative vigenti. I NAS intervengono inoltre nelle situazioni caratterizzate da gravi carenze igienico - sanitarie, come la presenza di alimenti scaduti, conservati in modo non corretto o potenzialmente pericolosi per la salute del consumatore.

Il loro ruolo si distingue da quello delle autorità amministrative per la componente investigativa e repressiva, risultando particolarmente rilevante nei casi di frodi alimentari complesse, che richiedono competenze tecniche e attività di indagine coordinate con l'autorità giudiziaria. Alla luce di quanto esposto, il sistema di sicurezza alimentare si configura come un modello articolato e integrato, fondato su un solido quadro normativo europeo e nazionale e su un sistema di controllo diffuso lungo l'intera filiera agroalimentare. I principi di tracciabilità, responsabilità degli operatori e prevenzione del rischio rappresentano elementi centrali per garantire la tutela della salute pubblica e la trasparenza sul mercato. Il ruolo delle autorità competenti, tra cui le Aziende Sanitarie Locali, il Comando dei Carabinieri per la Tutela della Salute e l'Ispettorato Centrale della Tutela della qualità e repressioni frodi dei prodotti agroalimentari, risulta fondamentale per assicurare l'effettiva applicazione delle normative e per prevenire e contrastare eventuali irregolarità lungo la filiera.

Tuttavia, nonostante la presenza di un sistema strutturato e complesso, permangono criticità legate alla globalizzazione dei mercati e alla crescente articolazione delle filiere produttive, che possono favorire il verificarsi di fenomeni fraudolenti difficili da individuare e reprimere. Da questa prospettiva, quindi, il tema delle frodi alimentari assume particolare rilevanza, rendendo necessario un approfondimento nel prossimo capitolo dove verranno analizzate: le tecniche di identificazione di specie, metodologie chimico – fisiche e ai più recenti strumenti innovativi e digitali impiegati nella sicurezza alimentare.

CAPITOLO II

TECNICHE DI INDIVIDUAZIONE DELLE FRODI IN MATERIA DI CARNE

1. La filiera delle carni, dai controlli alle analisi: introduzione

La filiera delle carni rappresenta uno dei comparti più rilevanti e complessi del settore agroalimentare, caratterizzato dalla pluralità di fasi e operatori che intervengono dalla produzione primaria fino alla distribuzione del prodotto finito. In questo contesto, la gestione della qualità e della sicurezza assume un ruolo fondamentale infatti, data la naturale deperibilità dell'alimento e la complessità dei processi produttivi, rendono questo settore particolarmente esposto a rischi di contaminazione e a possibili pratiche fraudolente. La filiera delle carni prevede gli allevamenti, il trasporto, la macellazione, il sezionamento a caldo e a freddo⁴⁰, la lavorazione e la trasformazione, il confezionamento, la produzione di insaccati, la stagionatura, il deposito, la commercializzazione e la distribuzione⁴¹. Il processo ha origine nella fase di produzione primaria che comprende l'allevamento degli animali, destinati alla produzione di carne, latte, uova e lana. Questa fase risulta fondamentale per garantire il benessere animale, la qualità delle materie prime e il rispetto delle norme sanitarie vigenti, che influenzano direttamente la qualità delle materie prime ottenute. Successivamente gli animali vengono trasportati verso gli stabilimenti di macellazione, dove si svolgono le operazioni di abbattimento e i controlli veterinari previsti dalla normativa. In questo passaggio il veterinario ufficiale svolge un ruolo essenziale, poiché effettua controlli sanitari sugli animali e sulle carcasse per garantire che le carni siano idonee al consumo umano. A seguito dell'esito favorevole

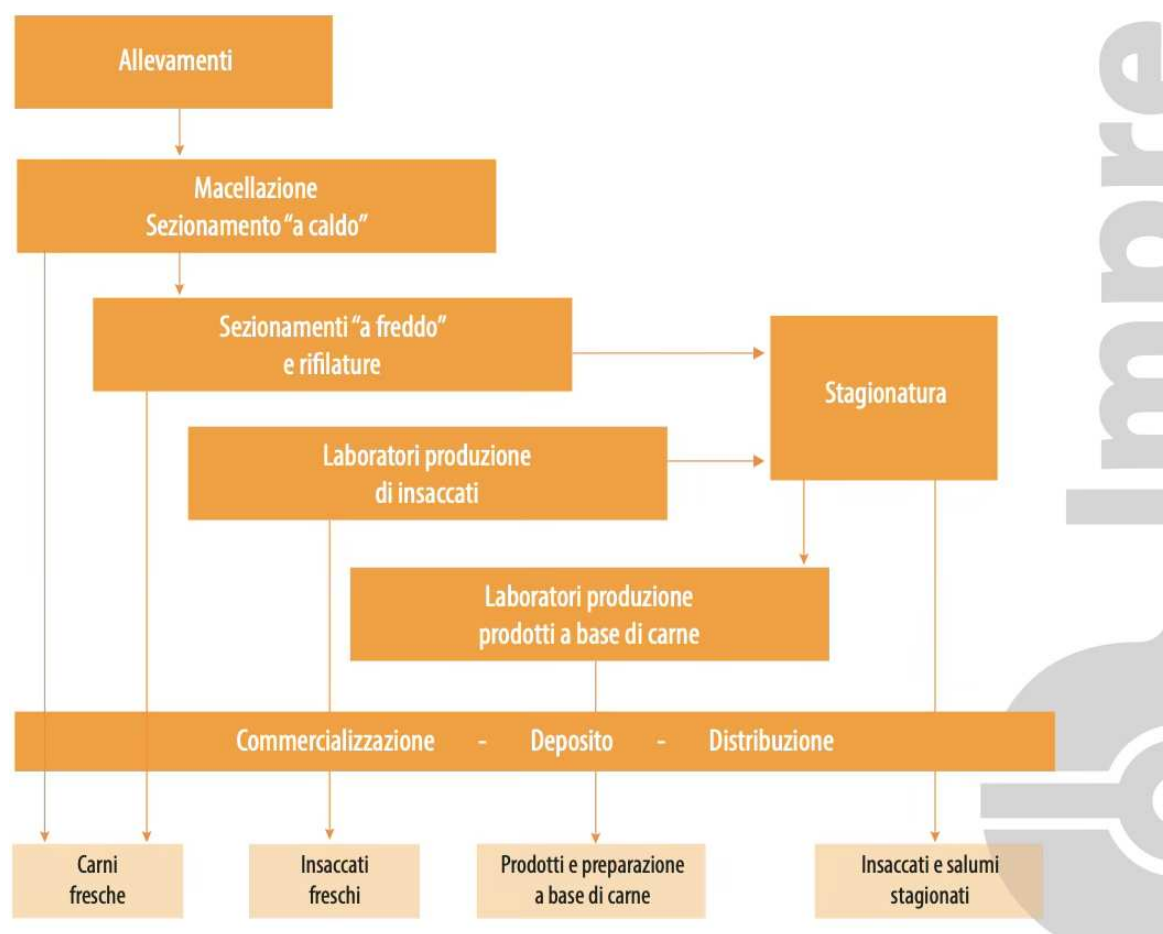
⁴⁰ Sezionamento a caldo: operazione effettuata subito dopo la macellazione, prima del completo raffreddamento della carcassa, che consente una più rapida lavorazione delle carni;

Sezionamento a freddo: operazione eseguita dopo il raffreddamento della carcassa in celle frigorifere, utile per garantire una migliore conservazione, sicurezza microbiologica e qualità del prodotto.

⁴¹ Filiera della carne. Disponibile su: https://impresasicura.org/sites/alimentazione/wp-content/uploads/alimentazione_doc/carne/Capitolo_2.pdf

delle ispezioni viene applicato il bollo sanitario, marchio identificativo dello stabilimento di macellazione che certifica il superamento dei controlli previsti dalla normativa. Dopo la macellazione, le carcasse vengono sottoposte alle operazioni di sezionamento, a caldo o a freddo, attraverso le quali la carne viene suddivisa nei diversi tagli destinati alla lavorazione o alla commercializzazione. Seguono poi le fasi di trasformazione e confezionamento, che comprendono la produzione di preparazioni a base di carne, insaccati e prodotti destinati alla stagionatura o alla cottura. In queste operazioni risultano fondamentali il controllo delle condizioni igienico- sanitarie e il mantenimento della catena del freddo, al fine di preservare la sicurezza e la qualità del prodotto.

La filiera si conclude con le attività di deposito, distribuzione e commercializzazione, che consentono l'immissione del prodotto sul mercato.



Fonte: “Allevamento, macellazione, trattamento distribuzione delle carni”, ISPESL 2000

Ogni fase della filiera riveste un ruolo fondamentale ai fini della tracciabilità e della sicurezza alimentare, poiché eventuali criticità o non conformità possono compromettere

la qualità finale del prodotto e favorire l'insorgenza di frodi alimentari. Queste attività pur essendo spesso svolte in stabilimenti diversi, risultano strettamente integrate e interconnesse fra loro. Ogni passaggio deve essere accuratamente documentato e controllato attraverso sistemi di tracciabilità.⁴² Il comparto della lavorazione delle carni comprende un insieme articolato di attività che coinvolgono diverse tipologie di produzioni, tra cui carni bovine, suine, ovicaprine e avicole⁴³. Le carni bovine sono ottenute da bovini adulti e vitelli, ampiamente utilizzate sia come prodotti freschi sia nella preparazione di trasformati. Un ruolo particolarmente importante è ricoperto anche dalle carni suine, carni che risultano di consistenza pastosa e saporita, di grana finissima e rosata, impiegate soprattutto nella produzione di salumi, insaccati e prodotti stagionati tipici della tradizione alimentare italiana. Accanto a queste si collocano le carni ovicaprine, provenienti da ovini e caprini, come agnello e capretto, spesso legate a produzioni locali: la loro carne risulta rosata, tenera e aromatica. Il settore, infine, comprende anche le carni avicole, come pollo e tacchino, caratterizzate da un elevato consumo e da una crescente diffusione grazie alla loro versatilità, sono carni bianche, tenere e facilmente digeribili. Questo settore include sia stabilimenti industriali che laboratori artigianali, dove si svolgono le principali trasformazioni del prodotto dando origine sia a prodotti freschi che a prodotti trasformati, come insaccati, carni macinate e prodotti stagionati. Un ulteriore aspetto rilevante riguarda la gestione dei sottoprodotti derivanti dalla lavorazione che possono essere re-impiegati in differenti ambiti sia alimentari che non; possono essere impiegati in ambito agroindustriale o trattati come rifiuti di origine animale seguendo delle normative. La gestione, il re-impiego e lo smaltimento degli scarti dei prodotti carnei sono disciplinati dal Regolamento (CE) n. 1069/2009, che definisce le norme sanitarie relative ai sottoprodotti di origine animale non destinati al consumo umano (SOA)⁴⁴ stabilendone classificazione, modalità di raccolta, trasporto, trattamento e smaltimento. Inoltre i sottoprodotti animali presentano

⁴² Tracciabilità: sistema che consente di ricostruire e seguire il percorso di un alimento, un mangime, di un animale o di una sostanza destinata alla produzione alimentare lungo tutte le fasi della filiera, dalla produzione alla distribuzione. Rappresenta uno strumento essenziale per garantire la sicurezza alimentare e consentire il rapido ritiro dal mercato dei prodotti non conformi.

⁴³ Classificazioni tipi di carne. Disponibile su: <https://flipsart.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/11/classificazione.pdf>

⁴⁴ Eur Lex Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009R1069-20101109>

I SOA comprendono: rifiuti di macello, rifiuti di ristorazione, animali d'allevamento deceduti.

importanti vantaggi come un alto valore nutritivo e quindi possono essere utilizzati per produrre fertilizzanti, mangimi, cosmetici. Grassi animali e oli vegetali si possono utilizzare per produrre fonti alternative di energia come biodiesel.⁴⁵ In sostanza, il termine lavorazione delle carni assume quindi un significato molto ampio, comprendendo un insieme complesso e diversificato di attività produttive, interconnesse fra loro e fondamentali per il giusto funzionamento della filiera agroalimentare. Altri prodotti a base di carne, sono ottenuti attraverso processi di trasformazione più complessi che possono prevedere salagione, stagionatura, cottura o affumicatura. In questa categoria vengono collocati i prodotti come prosciutti, salami, mortadelle, wurstel e altri insaccati. Un ulteriore settore è costituito dalle preparazioni a base di carne e delle carni macinate, realizzate mediante macinazione o miscelazione della carne con ingredienti aggiuntivi, spezie o aromi. Ne sono esempi *hamburger*, salsicce fresche e prodotti pronti destinati alla cottura.

Infine, la filiera comprende anche altri prodotti di origine animale derivanti dalle attività di lavorazione, tra cui grassi animali, sottoprodotti destinati all'industria mangimistica o agroindustriale e materiali reimpiegati in differenti ambiti produttivi. Questa articolazione evidenzia la complessità della filiera delle carni e la varietà di prodotti ottenibili dalle diverse lavorazioni. Nel settore delle carni, la complessità della filiera produttiva e la natura altamente deperibile del prodotto rendono particolarmente rilevante la gestione dei rischi, sia sotto il profilo igienico - sanitario sia in relazione alla possibile insorgenza di pratiche fraudolente. Nonostante l'elevato livello di controllo e le numerose disposizioni normative che regolano il settore, la filiera delle carni presenta diversi punti critici e continua a essere soggetta a fenomeni di frode alimentare. Le irregolarità possono verificarsi già durante la vita dell'animale, ad esempio attraverso la somministrazione illecita di sostanze anabolizzanti⁴⁶. I rischi possono infatti derivare dalla presenza di sostanze potenzialmente pericolose, come tossine naturali, allergeni, contaminanti ambientali, residui di farmaci⁴⁷ veterinari⁴⁸ o composti chimici che si formano durante i processi produttivi e di trasformazione. A questi si aggiungono i rischi legati all'utilizzo

⁴⁵ EFSA. Disponibile su: <https://www.efsa.europa.eu/it/topics/animal-by-products>

⁴⁶ Le sostanze anabolizzanti sono composte, spesso di natura steroidea, vengono utilizzati per stimolare la crescita muscolare e aumentare la resa produttiva degli animali; il loro impiego negli allevamenti è vietato nell'Unione Europea in quanto può comportare rischi per la salute umana.

⁴⁷ Residui di farmaci veterinari come antibiotici o anabolizzanti.

⁴⁸ Disponibile su: <https://www.izsvenezie.it/temi/sostanze-contaminanti/residui-farmaci/>

di sostanze chimiche introdotte intenzionalmente negli alimenti con finalità tecnologiche, quali additivi o coadiuvanti di processo, il cui impiego deve rispettare specifici limiti normativi al fine di garantirne la sicurezza per il consumatore.⁴⁹ Sebbene tali sostanze non risultino generalmente tossiche alle dosi consentite, un utilizzo improprio, eccessivo o non autorizzato può rappresentare un potenziale pericolo per la salute pubblica. I rischi possono inoltre, derivare da contaminazioni microbiologiche o alterazione della composizione del prodotto, incidendo direttamente sulla qualità, sulla sicurezza alimentare e sulla conformità degli alimenti lungo tutta la filiera produttiva. Oltre ai rischi di natura sanitaria, assumono particolare importanza anche quelli legati all'autenticità del prodotto, come la sostituzione di specie, l'aggiunta di ingredienti non dichiarati o l'utilizzo di informazioni ingannevoli in etichetta. Questi fenomeni, oltre a rappresentare una violazione delle normative vigenti in materia di sicurezza e correttezza commerciale, compromettono profondamente la fiducia del consumatore nei confronti dei prodotti alimentari e degli operatori del settore. La diffusione di pratiche fraudolente, può alterare la percezione di qualità e autenticità degli alimenti, generando sfiducia verso l'intera filiera produttiva. Tali comportamenti incidono negativamente sulla trasparenza del mercato e sulla concorrenza leale tra le aziende, penalizzando i produttori che operano nel rispetto delle norme e degli standard qualitativi previsti. In questo contesto le analisi di laboratorio rivestono un ruolo fondamentale in quanto consentono di individuare eventuali non conformità e di verificare la reale composizione degli alimenti. Le tecniche analitiche sempre più avanzate permettono di rilevare sia contaminanti sia adulterazioni, contribuendo in modo significativo alla prevenzione e al contrasto delle frodi alimentari. Parallelamente, la prevenzione dei rischi si basa anche sull'applicazione di sistemi di autocontrollo, come l'analisi dei pericoli e dei punti critici di controllo (HACCP) e sull'adozione delle buone pratiche igieniche e di produzione (GMP e GHP)⁵⁰. Questi strumenti, insieme alla formazione degli operatori e ai sistemi di tracciabilità, rappresentano elementi essenziali per garantire un elevato livello di sicurezza lungo l'intera filiera.

⁴⁹ Disponibile su: <https://www.izsvenezie.it/temi/alimenti-sicuri/rischio-chimico/>

⁵⁰ GMP: Good Manufacturing Practices: insieme di procedure e di condizioni operative necessarie per garantire che gli alimenti vengano prodotti in modo sicuro e conforme agli standard qualitativi previsti. (igiene degli ambienti, delle attrezzature, formazione del personale).
GHP: Good Hygiene Practices: insieme di procedure adottate per garantire adeguate condizioni igienico – sanitarie durante le fasi della produzione, trasformazione e distribuzione degli alimenti.

2. Metodi di analisi per l'identificazione di specie

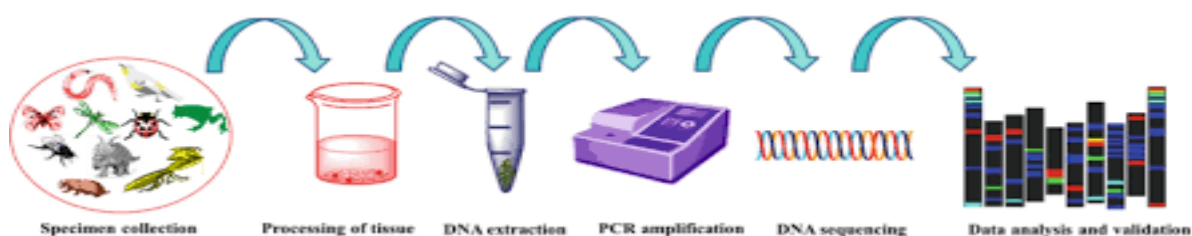
Identificare la specie è un obiettivo fondamentale quando gli argomenti in questione sono sicurezza e tracciabilità di alimenti di origine animale. Nel contesto della sicurezza alimentare e della prevenzione frodi, l'impiego di metodi analitici rappresenta uno strumento fondamentale per garantire l'autenticità e la qualità dei prodotti lungo tutta la filiera agroalimentare. In particolare nel settore delle carni, la complessità dei processi produttivi e la possibilità di pratiche fraudolente rendono necessario il ricorso a tecniche di analisi sempre più accurate e affidabili. I metodi analitici consentono di verificare la composizione degli alimenti, individuare eventuali contaminanti e accertare l'origine delle materie prime così da evitare fenomeni di adulterazione, sostituzione di specie o dichiarazioni non idonee o non conformi. Queste tecniche si basano su approcci differenti che vanno dalle analisi molecolari, a quelle chimico-fisiche, fino ad arrivare alle metodologie più innovative basate su strumenti digitali e tecnologie avanzate. L'integrazione di questi diversi approcci consente quindi, di ottenere un controllo più efficace e completo in grado di supportare le azioni di vigilanza sui sistemi di autocontrollo degli operatori del settore alimentare (OSA).

Tra i principali metodi analitici impiegati per l'identificazione delle specie, un ruolo centrale è svolto dalle analisi molecolari basate sul DNA, il quale presenta numerosi vantaggi che lo rendono particolarmente adatto a certe applicazioni. In primo luogo il DNA essendo ubiquitario, è presente in tutte le cellule degli organismi viventi e rappresenta quindi un buon materiale di partenza facilmente reperibile. Inoltre, mostra una buona resistenza alle alte temperature, caratteristica che quindi ne consente l'analisi anche in prodotti sottoposti a processi di trasformazione. Un ulteriore aspetto rilevante è il suo carattere polimorfo: il DNA contiene infatti regioni specifiche che presentano variazioni tra le diverse specie permettendo così di distinguere con precisione l'origine biologica di un campione attraverso analisi molecolari.

Il DNA mitocondriale è impiegato in questo ambito poiché, grazie alla sua elevata abbondanza all'interno delle cellule, costituisce un substrato idoneo per le analisi di tracciabilità. La sua presenza in quantità elevate consente di rilevare anche tracce minime di materiale biologico rendendo possibile l'identificazione della specie anche in condizioni di contaminazione o un prodotto fortemente processato.

Tra le tecniche molecolari maggiormente impiegate per l'identificazione di specie

particolare rilevanza assume il DNA *barcoding*⁵¹, un approccio innovativo che consente di determinare con elevata precisione l'origine biologica degli alimenti. Tale metodologia si inserisce nel più ampio contesto delle analisi basate sul DNA e rappresenta uno degli strumenti più efficaci per individuare eventuali frodi alimentari soprattutto nei prodotti trasformati in cui le caratteristiche morfologiche non risultano più riconoscibili. Questa metodologia è diventata sinonimo di sicurezza e qualità poiché è utile per individuare e di conseguenza, scoraggiare frodi. È inoltre considerato un metodo utile all'implementazione di un sistema di tracciabilità di filiera poiché è basato sull'identificazione della specie animale e dei suoi prodotti attraverso l'utilizzo di specifiche regioni di DNA.



2.1 DNA BARCODING: uno strumento utile all'ispezione degli alimenti

Il DNA *barcoding* come strumento innovativo per l'identificazione di specie negli alimenti e per supporto alle attività di controllo nell'ambito della sicurezza alimentare. Questa metodologia si basa sull'analisi delle specifiche sequenze di DNA utilizzare come dei veri e propri “codici a barre biologici” che consentono di identificare con precisione la specie di origine di un alimento.

In particolare, la tecnica prevede l'amplificazione e il sequenziamento di regioni standard del genoma, tra cui il gene mitocondriale COI (*cytochrome c oxidase I*) caratterizzato da un'elevata variabilità tra specie diverse e da una relativa conservazione all'interno della stessa specie. Le sequenze ottenute vengono successivamente confrontate con banche dati di riferimento, permettendo così l'attribuzione dell'identità biologica del campione

⁵¹ Bernardi C., Colombo F., Balzaretto C., Gagliardi C., Cattaneo P. *DNA Barcoding: A Useful Tool for Food Inspection*. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Veterinarie per la Sicurezza Alimentare, Università degli Studi di Milano.

analizzato. Un aspetto centrale evidenziato nel lavoro riguarda l'importanza delle banche dati genetiche, la cui affidabilità è di fondamentale importanza per garantire la corretta identificazione. In questo contesto i sistemi come *Barcode Of Life Data System* (BOLD) rappresentano degli strumenti essenziali per validare le sequenze e per il confronto standardizzato dei dati.

Il DNA *barcoding* si dimostra utile nel controllo degli alimenti trasformati, nei quali le caratteristiche morfologiche risultano alterate o difficilmente riconoscibili. In questi casi le tecniche tradizionali non consentono un'identificazione certa della specie, mentre con l'analisi del DNA è possibile superare questo limite rendendo così fattibile l'individuazione di eventuali sostituzioni fraudolente o dichiarazioni non conformi.

Nonostante i molteplici vantaggi, la metodologia presenta delle criticità, come la dipendenza dalla qualità delle banche dati e la necessità di standardizzare i protocolli analitici. Il DNA *barcoding* rappresenta comunque uno strumento molto promettente per il rafforzamento dei sistemi di controllo e per la prevenzione delle frodi alimentari.

Per quanto riguarda il settore delle carni, questa metodologia può essere utilizzata per verificare la corrispondenza tra specie dichiarata ed effettiva composizione del prodotto, risultando così efficace nei casi di sostituzione fraudolenta di specie, come è già avvenuto in passato.

Analizzando i vantaggi di questo approccio molecolare, l'elemento di maggiore rilievo è senza dubbio la sua straordinaria sensibilità analitica, una dote chimico-fisica che permette di intercettare e amplificare anche minime tracce di materiale genetico, rendendo possibile l'identificazione di ingredienti estranei anche quando i livelli di adulterazione scendono sotto o 0,1%. Questa notevole precisione tassonomica è garantita dalla selezione di specifiche regioni geniche che mostrano una spiccata variabilità tra specie diverse ma rimangono rigorosamente conservate all'interno della stessa specie, fornendo di fatto una firma molecolare inequivocabile. A differenza delle proteine, che si denaturano facilmente sotto l'effetto del calore, la molecola del DNA vanta una spiccata stabilità termica. Questa proprietà permette al DNA *barcoding*, specialmente nelle sue varianti a frammento corto come i mini-barcode, di operare con successo anche su matrici alimentari sottoposte a intensi processi industriali, tra cui la cottura, la stagionatura, l'essiccazione o l'inscatolamento, contesti in cui qualsiasi caratteristica morfologica originaria del tessuto è ormai andata interamente perduta. Nonostante l'efficacia

dimostrata, questa metodologia non è esente da vincoli tecnici e biologici che richiedono una gestione attenta in fase di laboratorio. Il primo limite operativo è legato alla degradazione estrema della matrice biologica. Sebbene i mini-barcode abbiano parzialmente risolto il problema della frammentazione, trattamenti industriali particolarmente aggressivi determinano il fallimento, alle volte, dell'analisi a causa dell'impossibilità di recuperare frammenti della lunghezza sufficiente. Un secondo e cruciale limite strutturale risiede nella dipendenza assoluta della metodica, dalla completezza e dell'accuratezza dei data base di riferimento globali come BOLD Systems o GenBank⁵². Essendo il barcoding un metodo comparativo, l'identificazione di un campione avviene unicamente per confronto: se la sequenza ottenuta appartiene a una specie esotica, a un animale selvatico raro o a una variante criptica non ancora mappata in queste piattaforme, il sistema è incapace di generare un responso, lasciando l'ingrediente del tutto sconosciuto. Attualmente si evidenzia una forte lacunosità nei database proprio in merito alle singole razze zootecniche domestiche e agli animali di forte rilevanza economica locale, un vuoto informativo che rende quasi impossibile discriminare, ad esempio tra varianti commerciali e pregiate dello stesso animale.

Dal punto di vista biologico, la scelta di affidarsi al DNA mitocondriale introduce un severo bias legato alla sua eredità strettamente materna e all'assenza di ricombinazione genetica. Questo significa che il barcoding tradizionale basato sui geni mitocondriali è completamente cieco di fronte ai fenomeni di ibridazione commerciale, poiché l'analisi riflette solo la specie della madre, richiedendo l'integrazione complessa e costosa di marcatori nucleari. A queste limitazioni si aggiungono anche aspetti economici e logistici importanti. L'implementazione di queste tecnologie richiede delle apparecchiature dal costo proibitivo, come degli specifici sequenziatori o sistemi PCR digitali, reagenti molto costosi, laboratori specializzati e un personale addetto altamente formato in bioinformatica per interpretare i dati genetici. Infine la mancanza di standard e protocolli internazionali uniformemente armonizzati tra i vari paesi crea un ostacolo insidioso per la condivisione fluida dei dati di tracciabilità e per l'applicazione omogenea delle sanzioni nei mercati globali. Il raggio d'azione del DNA barcoding è estremamente vasto e si declina in risposte concrete alle esigenze di trasparenza commerciale, sicurezza

⁵² GenBank è una banca dati pubblica che raccoglie sequenze di DNA e RNA provenienti da organismi diversi. Gestita dal National Center for Biotechnology Information (NCBI), consente l'accesso libero a informazioni genetiche utilizzate nella ricerca biologica, informatica e genomica.

alimentare e tutela ecologica⁵³. L'applicazione di gran lunga più rilevante riguarda il monitoraggio e il contrasto sistematico alle frodi per sostituzione nel mercato delle carni lavorate. Le applicazioni del DNA barcoding nell'ambito dell'autenticazione delle carni sono numerose e dimostrano concretamente il potenziale di questa tecnologia nel contrasto alle frodi alimentari. Un esempio particolarmente significativo è rappresentato dallo studio condotto da Wang et al.⁵⁴, che ha analizzato campioni di carne grigliata provenienti da differenti canali commerciali mediante l'impiego di marcatori mitocondriali COI e 12S rRNA. I risultati hanno evidenziato fenomeni di adulterazione nel 32,1% dei campioni correttamente identificati, con differenze rilevanti tra le diverse tipologie di vendita. In particolare, il tasso di frode ha raggiunto il 100% dei campioni prelevati dalle mense, dove carni a minor valore commerciale, quali anatra, pollo, suino venivano utilizzate in sostituzione di specie più pregiate come bovino e ovino, tali evidenze sottolineano l'efficacia del DNA barcoding nel rilevare pratiche di sostituzione fraudolenta anche in prodotti sottoposti a lavorazioni e cotture che rendono difficoltoso il riconoscimento mediante tecniche tradizionali.

Oltre al contrasto delle adulterazioni, il DNA barcoding trova un'importante applicazione nella tutela delle produzioni agroalimentari di qualità e delle denominazioni protette. In questo contesto, la tecnologia viene impiegata per verificare la conformità delle materie prime ai requisiti previsti dai disciplinari di produzione e per garantire la tracciabilità dell'intera filiera. Un caso emblematico è quello del prosciutto di Jinhua⁵⁵, prodotto tradizionale cinese a indicazione geografica protetta, per il quale i produttori utilizzano codici a barre genetici al fine di accertare l'impiego esclusivo delle razze suine autorizzate e l'origine geografica delle carni autorizzate. Questo approccio consente di prevenire la sostituzione con materie prime non conformi, preservando l'autenticità del prodotto, il valore economico del marchio e la fiducia dei consumatori. Nel complesso, tali applicazioni evidenziano come il DNA barcoding rappresenti uno strumento non solo per

⁵³ He, M.; Xing, S.; Yao, G.; Yao, M.; Wen, X.; Ling, Y.; Guo, W. Application of next generation semiconductor based sequencing for species identification and meat derived products authentication. *Food Control* 2024, 165, 110639. Disponibile su: <https://doi.org/10.3390/foods14203522>

⁵⁴ Wang, L.J.; Ren, R.R.; Zhu, A.Q.; Li, B.X.; Zhu, Z.W.; Gong, L. Application of DNA Barcoding Technology in Authenticity Identification of Common Barbecue Meats. *J. South. Agric.* 2025, 56, 1305–1314. Disponibile su: DOI: 10.3969/j.issn.2095-1191.2025.04.027

⁵⁵ Cao, T.T.; Yuan, Y.; Wang, J.; Liu, H.B. Rapid Detection of Chicken-, Duck-, and Pork-Derived Components in Beef by Duplex

la rilevazione delle frodi commerciali, ma anche per la valorizzazione e la protezione delle produzioni tipiche, contribuendo a rafforzare la trasparenza e la sicurezza ungo l'intera filiera. Parallelamente allo sviluppo del DNA barcoding tradizionale, negli ultimi anni sono state introdotte diverse tecniche innovative che ne ampliano le potenzialità applicative. Tra queste, la PCR quantitativa in tempo reale (*qPCR*) e la droplet digital PCR (*ddPCR*) consentono non soltanto di identificare la specie presente nel campione, ma anche di quantificarne con precisione il contenuto. Tali metodologie risultano particolarmente utili per la valutazione delle adulterazioni intenzionali, permettendo di determinare la percentuale di una determinata specie all'interno di miscele complesse. Tuttavia, il loro impiego richiede la preventiva conoscenza della specie da ricercare, limitandone l'efficacia nelle analisi esplorative o nei controlli non mirati. Un ulteriore progresso è rappresentato dai mini-barcode, basati sull'amplificazione di frammenti di DNA molto più corti rispetto a quelli utilizzati nel barcoding convenzionale. Questa strategia è particolarmente vantaggiosa nell'analisi di prodotti altamente trasformati, nei quali il DNA risulta spesso degradato. Sebbene la ridotta lunghezza delle sequenze possa diminuire il potere discriminante nei confronti di specie strettamente correlate, i mini-barcode consentono comunque di ottenere risultati affidabili in matrici che risulterebbero difficilmente analizzabili mediante approcci tradizionali. Ancora più innovativo è l'approccio metagenomico, che elimina completamente la fase di amplificazione PCR⁵⁶ e prevede il sequenziamento diretto di tutto il DNA presente nel campione. Tale metodologia consente di individuare anche specie non previste a priori e riduce le distorsioni introdotte dai primer specifici. Tuttavia, gli elevati costi operativi e la complessità dell'analisi dei dati ne limitano attualmente l'applicazione routinaria nei laboratori di controllo ufficiale. Nel complesso, il DNA barcoding⁵⁷ si colloca oggi come una tecnologia di riferimento per l'autenticazione delle carni grazie all'equilibrio tra accuratezza, semplicità operativa, costi relativamente contenuti e ampio spettro applicativo. Le metodologie più innovative non sostituiscono il DNA barcoding

⁵⁶ Tailed Recombinase Polymerase Isothermal Amplification Combined with Nucleic Acid Hybridization Lateral Flow Strip. *J. Food Saf. Qual.* 2023, 14, 119–128. Disponibile su: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106562>

⁵⁷ Hu, J.; Wei, H.; Jiang, Y.; Xue, Q.; Wang, F. DNA Barcoding in Meat Authentication: Principles, Applications, and Future Perspectives. *Foods* 2025, 14, 3522. Disponibile su: <https://doi.org/10.3390/foods14203522>

tradizionale, ma ne rappresentano piuttosto un'evoluzione e un complemento, consentendo di affrontare problematiche specifiche quali la quantificazione delle adulterazioni, l'analisi di matrici altamente processate o la caratterizzazione di campioni complessi contenenti molteplici specie.

3. Tecniche analitiche, molecolari e immunologiche

Tra le principali tecniche utilizzate per l'identificazione di specie, un ruolo fondamentale è svolto dalla reazione a catena della polimerasi, nota come PCR (*Polymerase Chain Reaction*). È una metodologia ampiamente diffusa che consente l'amplificazione selettiva di specifiche sequenze di DNA rendendo possibile l'analisi anche a partire da quantità minime di materiale genetico. La PCR si basa su un processo ciclico che prevede la duplicazione esponenziale di un frammento di DNA target attraverso l'azione di enzimi specifici consentendo di ottenere un elevato numero di copie della sequenza di interesse. Questa caratteristica rende la tecnica particolarmente sensibile e adatta all'identificazione di specie, anche in campioni complessi o sottoposti a processi di trasformazione come nel caso dei prodotti a base di carne. Nel contesto della sicurezza alimentare, la PCR rappresenta uno strumento essenziale per l'individuazione di frodi, in quanto permette di verificare la corrispondenza tra la specie dichiarata in etichetta e quella effettivamente presente nel prodotto. Grazie alla sua precisione e affidabilità, questa metodologia è molto usata in ambito di ricerca sia nei controlli ufficiali contribuendo in modo significativo alla tutela del consumatore e alla trasparenza di mercato.

Nel tempo accanto alla PCR convenzionale, sono state sviluppate metodologie più avanzate come la *Real - time* PCR che consente non solo di identificare la specie presente, ma anche di quantificare il DNA analizzato in tempo reale, aumentando la sensibilità, rapidità e sicurezza dell'analisi. Queste caratteristiche rendono le suddette tecniche strumenti fondamentali sia nell'ambito dei controlli ufficiali sia nelle attività di autocontrollo adottate dagli operatori del settore alimentare.

Le tecniche PCR sono strumenti particolarmente sensibili ed affidabili per l'individuazione di adulterazioni intenzionali, soprattutto nei casi di aggiunta di specie a minor valore economico non dichiarate in etichetta; infatti le metodologie basate sul DNA risultano maggiormente efficaci rispetto alle tecniche proteiche soprattutto nei prodotti trasformati nei quali i trattamenti termici possono alterare le proteine, ma non

compromettere totalmente il DNA. In particolare geni come *COI*⁵⁸, *Cytb*⁵⁹ e *12S rRna*⁶⁰ vengono frequentemente impiegati nelle analisi di autenticazione delle carni, consentendo di rilevare anche tracce minime di specie non dichiarate. Inoltre si dà particolare importanza alle tecniche di *Real - time* PCR, che permettono di identificare simultaneamente più specie animali all'interno dello stesso campione con elevata sensibilità e rapidità. Tali metodologie risultano particolarmente efficaci nel contrasto alle frodi alimentari legate alla sostituzione di specie pregiate con carni economicamente meno valorizzate. L'applicazione della *real- time* PCR a prodotti carnei commerciati ha consentito di valutare in maniera approfondita il livello di conformità dell'etichettatura e la presenza di eventuali pratiche fraudolente lungo la filiera produttiva. L'analisi di numerosi prodotti trasformati a base di carne ha evidenziato una situazione particolarmente complessa, caratterizzata da una frequente presenza di specie animali non dichiarate in etichetta. Solamente una piccola percentuale dei prodotti esaminati è risultata perfettamente conforme alle indicazioni riportate dal produttore, mentre nella maggior parte dei campioni è stata rilevata la presenza di una o più specie animali aggiuntive rispetto a quelle dichiarate. La rilevazione di specie non dichiarate non implica necessariamente una frode intenzionale. Per distinguere le contaminazioni accidentali dalle adulterazioni deliberate è stata adottata una soglia dell'1% di materiale appartenente a una specie non dichiarata. Al di sopra di tale limite la presenza della specie è stata considerata indicativa di una possibile manipolazione volontaria della composizione del prodotto. Sulla base di questo criterio, una quota significativa dei prodotti analizzati è stata classificata come adulterata, evidenziando come le pratiche di sostituzione o aggiunta di materie prime meno costose continuino a rappresentare una problematica concreta nel settore delle carni trasformate.

Tra le specie rilevate in maniera non dichiarata la carne di pollo è risultata la più frequente. In diversi prodotti la sua presenza è stata riscontrata in percentuali elevate, incompatibili con una semplice contaminazione accidentale. Tale fenomeno può essere spiegato dal minor valore commerciale della carne avicola rispetto ad altre tipologie di

⁵⁸ COI (*Cytochrome c Oxidase I*): gene mitocondriale ampiamente utilizzato nel DNA barcoding grazie alla sua elevata capacità di distinguere specie di animali differenti.

⁵⁹ Cytb (*Cytochrome b*): marcatore genetico del DNA mitocondriale impiegato nelle analisi di autenticazione alimentare per l'identificazione di specie e rilevamento di adulterazioni nelle carni.

⁶⁰ 12S rRNA: gene del DNA mitocondriale utilizzato nelle analisi molecolari per identificare specie animali anche in campioni altamente trasformati o contenenti tracce minime di DNA.

carne di pollo potrebbe essere correlata anche all'impiego di carne separata meccanicamente, una materia prima a basso costo ottenuta dal recupero di residui di carne aderenti alle ossa dopo operazioni di disosso. Anche carne bovina e suina sono state identificate in alcuni prodotti senza essere riportate in etichetta, sebbene con percentuali generalmente inferiori rispetto a quelle osservate per la carne avicola. In questi casi la presenza delle specie non dichiarate potrebbe derivare dall'aggiunta di tagli o sottoprodotti a basso valore commerciale impiegati per aumentare il volume del prodotto finale e ridurre i costi di formulazione. Accanto alle possibili frodi intenzionali, una parte delle irregolarità osservate può essere attribuita a fenomeni di contaminazione crociata verificatasi durante le fasi di lavorazione. L'utilizzo delle stesse linee produttive per specie differenti, associato a procedure di pulizia non sempre efficaci, può favorire il trasferimento involontario di residui di carne da un prodotto all'altro. Sebbene tali situazioni non siano necessariamente motivate da finalità economiche, esse possono comunque avere conseguenze rilevanti per il consumatore, soprattutto in presenza di restrizioni religiose, scelte etiche o allergie alimentari. Nel complesso, i risultati ottenuti evidenziano come le metodiche molecolari quantitative rappresentino strumenti estremamente efficaci per il monitoraggio dell'autenticità dei prodotti carnei. L'elevata sensibilità della *real-time* PCR⁶¹ consente non solo di identificare la presenza di specie non dichiarate, ma anche di distinguere le contaminazioni accidentali dalle adulterazioni intenzionali contribuendo a rafforzare i sistemi di controllo della filiera alimentare. Accanto alle tecniche molecolari basate sull'analisi del DNA, nel settore agroalimentare trovano ampio impiego metodologie immunologiche, tra cui il *test* dell'ELISA (*Enzyme-linked Immunosorbent Assay*)⁶². Si tratta di una tecnica analitica basata sulla specifica interazione tra antigeni e anticorpi, utilizzata per individuare e quantificare determinate proteine presenti in un campione alimentare. Grazie alla sua sensibilità, rapidità e semplicità di esecuzione il metodo ELISA rappresenta uno strumento particolarmente

⁶¹ Styliani Minoudi, Konstantinos Gkagkavouzis, Nikoleta Karaïskou, Thomai Lazou, Alexandros Triantafyllidis,

DNA-based authentication in meat products: Quantitative detection of species adulteration and compliance issues, *Applied Food Research*, Volume 5, Issue 1, 2025, 100852, ISSN 2772-5022, Disponibile su: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100852>.

⁶² Hayrapetyan H., Tran T., Tellez-Corrales E., Madiraju C. *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay: Types and Applications*. *Methods in Molecular Biology*. 2023;2612:1-17. Disponibile su: [doi:10.1007/978-1-0716-2903-1_1](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2903-1_1)

utile nell'ambito dei controlli di autenticità e sicurezza alimentare. Nel settore delle carni, questa tecnica viene impiegata per l'identificazione delle specie animali, per il rilevamento di eventuali contaminazioni e per l'individuazione di adulterazioni derivanti dall'aggiunta di ingredienti non dichiarati.

L'applicazione dell'ELISA risulta particolarmente vantaggiosa nei controlli di routine e nelle attività di monitoraggio lungo la filiera produttiva, grazie anche ai costi relativamente contenuti e alla possibilità di analizzare un elevato numero di campioni anche in tempi ridotti. Tuttavia, la tecnica presenta alcune limitazioni nei prodotti sottoposti a intensi trattamenti termici o industriali poiché la denaturazione delle proteine può compromettere il riconoscimento da parte degli anticorpi e ridurre l'affidabilità dei risultati analitici.

3.1 Funzionamento dell'ELISA

Le tecniche ELISA sono divise in diretto, indiretto, a *sandwich* e competitivo. Le differenze sono in base agli antigeni, anticorpi, substrati e condizioni sperimentali. Nello specifico:

- ❖ L'ELISA diretto si basa sull'utilizzo di anticorpi primari coniugati a un enzima, i quali si legano direttamente all'antigene immobilizzato sulla piastra;
- ❖ Nell'ELISA indiretto invece, dopo il legame dell'anticorpo primario l'antigene, viene aggiunto un anticorpo secondario marcato con un enzima specifico per il primo anticorpo, al fine di amplificare il segnale analitico;
- ❖ L'ELISA competitivo prevede appunto, una competizione tra l'antigene presente nel campione e quello fissato sulla piastra per il legame con l'anticorpo primario e successivamente vengono utilizzati anticorpi secondari coniugati con enzimi per la rilevazione del segnale;
- ❖ Nel caso dell'ELISA a sandwich, invece l'antigene presente nel campione viene catturato da anticorpi precedentemente immobilizzati sulla piastra. Successivamente vengono aggiunti anticorpi di rilevazione e anticorpi secondari coniugati con enzimi, che si legano a specifici siti dell'antigene consentendone l'identificazione e la quantificazione.

Le tecniche analitiche descritte rappresentano oggi strumenti fondamentali per il contrasto delle frodi alimentari nel settore delle carni. L'impiego di metodologie molecolari e

immunologiche consente infatti di verificare l'autenticità dei prodotti, identificare eventuali sostituzioni di specie e accertare la conformità rispetto alle informazioni dichiarate in etichetta. Tra le applicazioni più rilevanti vi è l'identificazione di specie animali non dichiarate all'interno di prodotti trasformati, pratica frequentemente associata a frodi economiche derivanti dalla sostituzione di carni pregiate con specie di minor valore commerciale. In questi casi tecniche come PCR, *Real - time* PCR e DNA *barcoding* consentono di rilevare anche minime quantità di DNA appartenenti a specie differenti, risultando particolarmente efficaci anche nei prodotti sottoposti a trattamenti industriali.

Un esempio significativo è rappresentato proprio dal caso “*Horsegate*” del 2013, nei quali numerosi prodotti commercializzati come contenenti carne bovina risultarono adulterati con carne equina non dichiarata. In questo contesto, le analisi basate sul DNA hanno avuto un ruolo fondamentale nell'identificazione della specie animale presente nei campioni e nella successiva ricostruzione della filiera coinvolta nella frode.

Parallelamente, metodologie immunologiche come ELISA vengono utilizzate nei controlli di routine per il rilevamento rapido di proteine specie - specifiche e per il monitoraggio di contaminazioni o adulterazioni lungo la filiera produttiva.

4. Metodi innovativi e digitalizzazione

Negli ultimi anni, accanto alle tradizionali metodologie analitiche, hanno assunto crescente importanza anche le tecnologie digitali innovative applicate alla tracciabilità agroalimentare.

Tra queste, particolare rilevanza è attribuita alla *Blockchain*⁶³ considerata uno strumento promettente per migliorare la trasparenza, sicurezza e affidabilità delle informazioni lungo la filiera produttiva.

La *Blockchain* consiste in un sistema digitale decentralizzato di registrazione dei dati, nel quale le informazioni vengono archiviate in blocchi collegati tra loro non modificabili.

Questa caratteristica consente di garantire maggiore integrità e tracciabilità delle informazioni relative alle diverse fasi della produzione, trasformazione e distribuzione degli alimenti.

⁶³ Patel A.S., Brahmabhatt M.N., Bariya A.R., Nayak J.B., Singh V.K. *Blockchain Technology in Food Safety and Traceability of Livestock Products*. Heliyon. 2023;9(6):e16526. Disponibile su: doi:10.1016/j.heliyon.2023.e16526

Nel settore delle carni, l'applicazione della *Blockchain* può contribuire a contrastare le frodi alimentari, permettendo di monitorare in modo più preciso l'origine delle materie prime, i passaggi della filiera e la conformità dei prodotti rispetto alle informazioni dichiarate. L'utilizzo di sistemi digitali condivisi riduce infatti il rischio di alterazioni documentali e migliora la trasparenza nei rapporti tra i diversi operatori della *supply chain*. Tali tecnologie assumono particolare importanza soprattutto in filiere lunghe e complesse, come evidenziato anche da casi di frode alimentare verificatasi negli ultimi anni, nei quali la frammentazione dei processi produttivi e la scarsa trasparenza delle informazioni hanno favorito l'insorgenza di adulterazioni e sostituzioni fraudolente di specie.

Il ruolo della *Blockchain* nella filiera agroalimentare è quella di rappresentare uno strumento innovativo per migliorare tracciabilità, sicurezza e trasparenza lungo tutta la *supply chain* alimentare abbia reso le filiere sempre più complesse e difficili da controllare aumentando il rischio di frodi, errori documentali e perdita di informazioni tra i diversi operatori coinvolti.

La *Blockchain* è quindi un sistema digitale attraverso il quale si crea una registrazione permanente e condivisa dei dati relativi ai prodotti alimentari, dalla produzione primaria fino al consumatore finale. Nel settore agroalimentare questa tecnologia può essere impiegata per monitorare ogni fase della filiera, registrando informazioni riguardanti origine delle materie prime, trasformazione, trasporto, conservazione e distribuzione dei prodotti, contribuendo così alla prevenzione delle frodi alimentari e alla tutela del consumatore.

Inoltre la *Blockchain* possa essere integrata con altre tecnologie innovative come *Internet of Things*⁶⁴ (IoT⁶⁵), RFID⁶⁶ intelligenza artificiale e *big data*, permettendo un monitoraggio più efficiente e automatizzato della filiera alimentare. Tuttavia vengono messe in luce alcune criticità relative alla sua applicazione pratica, tra cui gli elevati costi di

⁶⁵ Internet of Thing (IoT): utilizzato per il monitoraggio in tempo reale durante il trasporto stoccaggio, integrandosi con la blockchain.

Tecnologia innovativa che permette di raccogliere dati in tempo reale su temperatura, umidità, pressione e altri parametri fondamentali durante la produzione, il trasporto e la conservazione degli alimenti. Comprende sensori intelligenti interconnessi che segnalano in modo tempestivo se sono presenti delle anomalie consentendo così di intervenire immediatamente e in modo mirato. In questo modo è possibile prevenire contaminazioni e alterazioni prima che possano diventare un reale problema.

⁶⁶ RFID: Radio Frequency Identification: sistema di identificazione automatica basato su radiofrequenza che utilizza tag elettronici per registrare e trasmettere dati relativi ai prodotti lungo la filiera produttiva, migliorando tracciabilità, monitoraggio e gestione delle informazioni lungo la *supply chain* agroalimentare.

implementazione, la difficoltà di standardizzazione dei sistemi e la necessità di garantire l'affidabilità dei dati inseriti dagli operatori. Infatti sebbene la *Blockchain* renda le informazioni non modificabili, non può assicurare automaticamente la veridicità dei dati immessi nel sistema.

Nel complesso, la *Blockchain* rappresenta una tecnologia particolarmente promettente per il futuro della tracciabilità alimentare e per il rafforzamento dei sistemi di controllo nel settore delle carni, soprattutto nelle filiere produttive più lunghe e articolate, dove la trasparenza e la condivisione delle informazioni assumono un ruolo fondamentale nel contrasto alle frodi alimentari.

Un'ulteriore tecnica è quella di implementare l'intelligenza artificiale. Grazie all'utilizzo di schemi, algoritmi si possono analizzare matrici molto ampie di dati identificando deviazioni o anomalie che possono sfuggire all'occhio umano. L'applicazione dell'intelligenza artificiale nel settore alimentare ha assunto negli ultimi anni un ruolo sempre più rilevante, grazie alla crescente necessità di migliorare il controllo qualità, la sicurezza alimentare e l'efficienza dei processi produttivi. L'AI viene utilizzata in combinazione con sensori avanzati per il monitoraggio degli alimenti, tuttavia la letteratura disponibile risulta ancora frammentata e limitata. Esistono dunque, diverse tecniche di intelligenza artificiale applicate all'industria alimentare, tra cui sistemi esperti, logica fuzzy⁶⁷, reti neurali artificiali (Artificial Neural Networks, ANN)⁶⁸ e machine learning⁶⁹. Questi strumenti vengono impiegati in differenti ambiti, come la selezione e classificazione degli alimenti, la previsione dei parametri produttivi, il controllo qualità e il monitoraggio della sicurezza alimentare. E' rilevante analizzare l'integrazione tra intelligenza artificiale e sistemi sensoriali avanzati, come *Eletronic nose*⁷⁰ (E-nose), *Eletronic tongue*⁷¹ (E-

⁶⁷ La *logica fuzzy* è una tecnica di intelligenza artificiale che simula la flessibilità del pensiero umano, supera la logica binaria (Vero/falso), consente di gestire l'incertezza e di prendere decisioni con dati imprecisi.

⁶⁸ ANN: sistemi di intelligenza artificiale ispirati al funzionamento del cervello umano, capaci di analizzare grandi quantità di dati e riconoscere schemi complessi. Nell'industria alimentare trovano applicazione nel controllo qualità, nell'individuazione di contaminazioni o non conformità.

⁶⁹ *Machine Learning*: tecnologie di apprendimento automatico che crea sistemi in grado di imitare il comportamento e l'intelligenza umana.

⁷⁰ *Eletronic nose* (E-nose) è un sistema elettronico costituito da sensori chimici in grado di rilevare e analizzare composti volatili presenti negli alimenti, simulando l'olfatto umano. Nel settore alimentare viene usato per il controllo qualità, monitoraggio freschezza e individuazione di alterazioni o contaminazioni dei prodotti carni.

⁷¹ *Eletronic tongue* (E-tongue): dispositivo basato su sensori elettrochimici capace di analizzare le caratteristiche gustative e chimiche degli alimenti, riproducendo il gusto umano. Tecnologia impiegata per valutare qualità, autenticità e caratteristiche sensoriali degli alimenti, oltre che per individuare eventuali alterazioni o non conformità.

tongue), spettroscopia del vicino infrarosso (NIR)⁷². Queste tecnologie consentono di ottenere analisi rapide, automatiche e ad elevata precisione migliorando il rilevamento di contaminazioni, alterazioni e non conformità nei prodotti alimentari. L'intelligenza artificiale, quindi, rappresenta oggi uno degli strumenti più promettenti per lo sviluppo della cosiddetta "Food Industry 4.0"⁷³ caratterizzata da processi sempre più automatizzati, intelligenti e orientati al miglioramento della sicurezza, qualità e della tracciabilità degli alimenti.⁷⁴ Rispetto alle tecniche tradizionali di laboratorio, spesso caratterizzate da tempi lunghi, costi elevati e metodologie distruttive per il campione, i sistemi intelligenti permettono un monitoraggio più rapido e continuo lungo la filiera produttiva, contribuendo a migliorare efficienza, automazione e tracciabilità dei controlli. Inoltre, l'utilizzo combinato di sensori intelligenti e algoritmi di *machine learning* consente di ridurre la soggettività delle valutazioni qualitative tradizionali e di aumentare accuratezza e riproducibilità delle analisi.⁷⁵ La sicurezza alimentare rappresenta una delle principali sfide del sistema agroalimentare, soprattutto a causa della crescente complessità delle filiere produttive e commerciali. L'aumento degli scambi internazionali, la globalizzazione dei mercati e il coinvolgimento di numerosi attori lungo la catena di approvvigionamento hanno reso sempre più difficile garantire la completa tracciabilità degli alimenti e verificare l'autenticità delle informazioni associate ai prodotti. In particolare, nel settore dei prodotti di origine animale, la necessità di monitorare tutte le fasi della filiera, dall'allevamento fino al consumatore finale, è diventata essenziale per prevenire frodi, garantire la qualità degli alimenti e ridurre i rischi per la salute pubblica. I sistemi tradizionali di tracciabilità si basano prevalentemente su documentazione cartacea o su database centralizzati gestiti da singole organizzazioni. Sebbene tali strumenti siano stati ampiamente utilizzati nel corso degli anni, presentano numerose limitazioni. Le informazioni possono essere modificate, perse o inserite in maniera non corretta, mentre la frammentazione dei dati tra i diversi operatori della filiera rende difficile ricostruire in modo rapido e accurato la storia completa

⁷² Tecnologia NIR (Near – Infrared): sfrutta la luce del vicino infrarosso per analizzare la composizione chimica e fisica di materiali e prodotti. (umidità, proteine, zuccheri degli alimenti)

⁷³ *Food Safety 4.0: le nuove tecnologie per il controllo qualità*. Disponibile su: <https://entegraps.it/articoli-e-approfondimenti/articoli-e-news/food-safety-40-le-nuove-tecnologie-il-controllo-qualita>

⁷⁴ Mavani NR, Ali JM, Othman S, Hussain MA, Hashim H, Rahman NA. Applicazione dell'intelligenza artificiale nell'industria alimentare: una linea guida. *Food Eng Rev*. 2022;14(1):134-175. Disponibile su: doi: 10.1007/s12393-021-09290-z. Epub 2021 9 agosto. PMID: 40477643; PMCID: PMC8350558.

⁷⁵ Consultabile su: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996922012728>

di un prodotto alimentare. Inoltre, in caso di contaminazioni o emergenze sanitarie, l'identificazione dell'origine del problema può richiedere tempi lunghi e comportare costi elevati per le aziende e per le autorità competenti.⁷⁶ In questo contesto, la blockchain viene proposta come una tecnologia innovativa in grado di migliorare significativamente la gestione della tracciabilità alimentare. Una volta registrato, ciascun dato non può essere modificato senza lasciare traccia dell'intervento effettuato, garantendo così elevati livelli di integrità, trasparenza e affidabilità delle informazioni. Grazie a questa caratteristica, ogni passaggio della filiera può essere documentato in maniera permanente e verificabile da soggetti autorizzati. Nei sistemi convenzionali, infatti documenti di trasporto, certificazioni e registrazioni possono essere alterati o manipolati, compromettendo l'affidabilità delle informazioni disponibili. La struttura decentralizzata della blockchain riduce notevolmente questo rischio, poiché ogni modifica deve essere validata dalla rete e rimane permanentemente registrata. Ciò rende estremamente difficile la falsificazione dei dati e contribuisce a contrastare fenomeni quali frodi alimentari, sostituzioni di materie prime e dichiarazioni ingannevoli sull'origine dei prodotti. La *blockchain* assume inoltre un ruolo particolarmente importante nella gestione delle emergenze legate alla sicurezza alimentare. In presenza di contaminazioni microbiologiche, residui chimici o altri pericoli che possano compromettere la salubrità degli alimenti, la disponibilità immediata delle informazioni relative alla storia del prodotto consente di individuare rapidamente il punto critico della filiera. Questo permette di effettuare richiami mirati dei lotti coinvolti, limitando sia i rischi per la salute dei consumatori sia le perdite economiche associate al ritiro indiscriminato di grandi quantità di prodotti. La rapidità nell'identificazione delle cause rappresenta uno dei principali benefici attribuiti all'adozione di questa tecnologia. Nonostante le numerose potenzialità, l'implementazione della blockchain nel settore alimentare presenta ancora diverse criticità. L'adozione di questa tecnologia richiede infatti investimenti economici significativi, infrastrutture adeguate e competenze tecniche specifiche. Una delle principali difficoltà riguarda la formazione degli operatori coinvolti nella filiera poiché il corretto funzionamento del sistema dipende dalla capacità di inserire e gestire correttamente le informazioni. Inoltre, la diffusione su larga scala della blockchain richiede l'esistenza di quadri normativi chiari e condivisi che definiscono responsabilità, standard operativi e

⁷⁶ Patel AS, Brahmabhatt MN, Bariya AR, Nayak JB, Singh VK. "Tecnologia blockchain nella sicurezza alimentare e nella tracciabilità dei prodotti di bestiame". *Heliyon*. 2023 21 maggio;9(6):e16526.. PMID: 37265625; PMCID: PMC10230213. Disponibile su: 10.1016/j.heliyon.2023.e16526

modalità di gestione dei dati. In sintesi, la blockchain emerge come una delle tecnologie più promettenti per il miglioramento della tracciabilità e della sicurezza alimentare. La possibilità di creare registri immutabili, trasparenti e condivisi consente di rafforzare la fiducia tra i diversi attori della filiera e di fornire ai consumatori informazioni più affidabili sull'origine e sulla qualità dei prodotti. Sebbene siano ancora presenti ostacoli di natura tecnica, economica e normativa, l'integrazione della blockchain con altre tecnologie digitali rappresenta una prospettiva concreta per lo sviluppo di sistemi alimentari più sicuri, trasparenti ed efficienti.

5. Limiti tecnici e criticità dei sistemi di controllo

Nonostante i notevoli progressi nel campo delle metodologie analitiche applicate alla sicurezza alimentare, i sistemi di controllo presentano ancora alcuni limiti critici che possono influenzare efficacia e applicabilità. Le diverse tecniche di analisi, infatti, si distinguono per sensibilità, specificità, tempi di esecuzione, costi e complessità operativa elementi che incidono direttamente sulla possibilità di applicarle su larga scala nei controlli ufficiali e nelle attività di autocontrollo degli operatori del settore alimentare.

Uno degli aspetti più rilevanti riguarda la sensibilità dei metodi analitici, poiché non tutte le tecniche sono in grado di rilevare tracce minime di specie non dichiarate, soprattutto nei prodotti altamente trasformati o sottoposti a trattamenti termici, prodotti altamente processati o contenenti elevate quantità di grassi. Parallelamente, alcune metodologie particolarmente sensibili richiedono strumentazioni avanzate, personale specializzato e procedure analitiche più complesse.

Anche i costi rappresentano una criticità importante. Tecniche molecolari avanzate come PCR e sequenziamento del DNA, garantiscono elevata precisione e affidabilità, ma comportano spese elevate legate a reagenti, apparecchiature e formazione del personale. Questo può giustamente limitare l'impiego in modo continuativo soprattutto nei controlli su larga scala o nelle realtà produttive più piccole.

Ulteriori limiti riguardano i tempi necessari per l'esecuzione delle analisi. Alcuni metodi richiedono infatti procedure lunghe e articolate, partendo dalla preparazione del campione all'elaborazione dei dati, riducendo così la rapidità di intervento nei casi di sospetta frode alimentare. Per questo motivo negli ultimi anni, la ricerca si è orientata verso lo sviluppo di tecnologie innovative in grado di garantire risultati più rapidi, sensibili e facilmente

applicabili lungo tutta la filiera agroalimentare.

A queste criticità si aggiungono anche problematiche di natura interpretativa e probatoria. In alcuni casi può risultare complesso distinguere una contaminazione accidentale da una vera e propria adulterazione intenzionale, specialmente quando vengono rilevate quantità molto ridotte di specie non dichiarate. Per questo motivo, l'interpretazione dei risultati analitici deve essere supportata da adeguati sistemi di tracciabilità, documentazione di filiera e protocolli standardizzati in grado di garantire affidabilità, riproducibilità e validità scientifica delle analisi effettuate.

Si osserva inoltre una crescente attenzione dei consumatori nei confronti delle frodi alimentari e dell'autenticità dei prodotti. Recenti studi hanno evidenziato come molti consumatori, pur riconoscendo l'importanza delle certificazioni e dei sistemi di controllo, temano inconsapevolmente di acquistare prodotti fraudolenti, soprattutto a causa della difficoltà di interpretare etichette, informazioni di tracciabilità e certificazioni di qualità. Al giorno d'oggi il livello di conoscenza e consapevolezza del consumatore varia in funzione di fattori socioeconomici, età e livello di istruzione. I consumatori maggiormente informati tendono infatti a prestare maggiore attenzione all'origine dei prodotti, alle etichette e ai sistemi di certificazione, mostrano una elevata percezione del rischio associato alle frodi alimentari. Di conseguenza, oltre al miglioramento delle metodologie analitiche tradizionali, negli ultimi anni la ricerca si è orientata verso lo sviluppo di tecnologie innovative come RFID, biosensori e sistemi basati sull'intelligenza artificiale, in grado di migliorare tracciabilità, trasparenza e rapidità dei controlli lungo tutta la filiera agroalimentare, contribuendo ad aumentare anche la fiducia del consumatore nei confronti dei prodotti alimentari⁷⁷.

In conclusione il contrasto alle frodi alimentari nel settore delle carni richiede un approccio integrato basato sulla combinazione di metodologie analitiche tradizionali, tecnologie innovative e sistemi avanzati di tracciabilità. Tecniche molecolari, immunologiche e strumentali rappresentano strumenti fondamentali per l'identificazione di specie, il rilevamento di adulterazioni e la verifica dell'autenticità dei prodotti alimentari, contribuendo in modo significativo alla tutela della sicurezza alimentare e della trasparenza

⁷⁷ Fanelli, R.M. Italian Consumers' Perceptions and Understanding of the Concepts of Food Sustainability, Authenticity and Food Fraud/Risk. Sustainability 2025, 17, 1831. Disponibile su: <https://doi.org/10.3390/su17051831>

del mercato. In questo contesto, la prevenzione delle frodi alimentari non può basarsi esclusivamente sulle analisi di laboratorio, ma richiede anche una stretta integrazione tra controlli ufficiali, sistemi di autocontrollo, formazione degli operatori, tracciabilità e corretta informazione del consumatore. Solo attraverso un sistema coordinato e multidisciplinare è possibile garantire elevati standard di sicurezza, autenticità e qualità lungo l'intera filiera delle carni.

CAPITOLO III.

TUTELA DEL CONSUMATORE E PROFILI DI RESPONSABILITÀ DELL'OPERATORE DEL SETTORE ALIMENTARE

3.1 La tutela del consumatore nel diritto alimentare

La tutela del consumatore rappresenta uno dei principi fondamentali del diritto alimentare moderno europeo e nazionale. Costituisce uno degli obiettivi principali delle normative nazionali ed europee in materia di sicurezza alimentare. Nel corso degli anni, infatti, l'evoluzione del mercato agroalimentare, l'aumento degli scambi commerciali e la crescente complessità delle filiere produttive hanno reso necessario sviluppare sistemi di controllo sempre più rigorosi, finalizzati a garantire alimenti sicuri, autentici e conformi alle informazioni riportate in etichetta. In questo contesto, il consumatore non viene tutelato solo sotto il profilo sanitario, attraverso la prevenzione dei rischi per la salute pubblica, ma anche sotto il profilo economico e informativo, garantendo trasparenza, correttezza delle pratiche commerciali e diritto ad una scelta consapevole. Le frodi alimentari, le adulterazioni⁷⁸, le false indicazioni di origine e le pratiche ingannevoli rappresentano infatti una minaccia non solo per la sicurezza degli alimenti, ma anche per la fiducia del consumatore nei confronti dell'intero sistema agroalimentare. L'informazione assume un ruolo fondamentale, poiché costituisce lo strumento attraverso il quale il consumatore può orientare le proprie scelte di acquisto in maniera libera e consapevole. L'etichetta non svolge soltanto la funzione di descrivere le caratteristiche di un alimento, ma diventa un vero e proprio mezzo di comunicazione tra produttore e consumatore, consentendo di distinguere prodotti appartenenti alla stessa categoria e influenzando in modo significativo le decisioni economiche del destinatario

finale.⁷⁹ Per questo motivo il diritto alimentare attribuisce un ruolo centrale agli operatori del settore alimentare (OSA), ai quali viene riconosciuta una specifica responsabilità nel garantire la conformità, la sicurezza e la tracciabilità dei prodotti immessi sul mercato. Gli OSA devono infatti adottare procedure di autocontrollo, sistemi di rintracciabilità e misure preventive idonee a ridurre rischi durante tutte le fasi della filiera produttiva, rispondendo delle eventuali violazioni sia sotto il profilo civile che penale che amministrativo. Alla luce di tali considerazioni, il presente capitolo analizzerà i principali strumenti di tutela del consumatore previsti dal diritto alimentare soffermandosi in particolare sui profili di responsabilità degli operatori del settore alimentare e sugli obblighi imposti dalla normativa vigente al fine di garantire elevati standard di sicurezza, qualità e trasparenza lungo tutta la filiera agroalimentare. La crescente attenzione verso sicurezza alimentare, autenticità⁸⁰, qualità e sostenibilità dei prodotti hanno contribuito all'evoluzione del diritto alimentare europeo verso un sistema di tutela più ampio e articolato, fondato sui principi di precauzione⁸¹, tracciabilità, rintracciabilità e responsabilizzazione degli operatori del settore alimentare. Inoltre, la globalizzazione del mercato agroalimentare e l'aumento delle frodi alimentari hanno reso necessario rafforzare i sistemi di controllo e le normative europee, al fine di garantire maggiore trasparenza, leale concorrenza e fiducia del consumatore nei confronti del mercato alimentare.

3.2 L'operatore del settore alimentare (OSA)

L'operatore del settore alimentare rappresenta una figura centrale nel sistema della sicurezza alimentare, in quanto responsabile della conformità degli alimenti ai requisiti previsti dalla normativa europea e nazionale lungo tutte le fasi della filiera produttiva. Per operatore del settore alimentare si intende qualsiasi soggetto pubblico o privato che svolga attività connesse alla produzione, trasformazione, lavorazione, deposito, trasporto, distribuzione o somministrazione di alimenti, assicurando che tali attività vengano svolte

⁷⁹ Editoriale, *Rivista di diritto alimentare*. Anno XII, numero 2 • Aprile-Giugno 2018

⁸⁰ S. Brizioli, *Tutela del consumatore alimentare europeo e diritto all'informazione*, in *DPCE Online*, vol. 60, n. 3, 2023.

⁸¹ Il principio di precauzione, previsto dall'art. 7 del Reg. 178/02, consente l'adozione di misure provvisorie di tutela quando sussistano possibili rischi per la salute umana, pur in presenza di incertezze scientifiche. Esso rappresenta uno dei principi fondamentali del diritto alimentare europeo e mira a garantire un elevato livello di protezione della salute dei consumatori.

nel rispetto delle disposizioni igienico sanitarie vigenti. L'evoluzione della normativa europea in materia di informazione alimentare ha attribuito un ruolo sempre più centrale all'Operatore del Settore Alimentare (OSA), riconoscendogli una responsabilità diretta nella correttezza delle informazioni destinate ai consumatori. L'introduzione dell'art. 8 del Reg. (UE) n. 1169/2011⁸² ha rappresentato un passaggio particolarmente significativo in questo processo, poiché ha colmato una lacuna normativa che per lungo tempo aveva caratterizzato la disciplina dell'etichettatura alimentare. Prima dell'entrata in vigore del regolamento, infatti, non risultava sempre chiaro a quale soggetto dovesse essere attribuita la responsabilità per eventuali informazioni inesatte, incomplete o ingannevoli presenti sugli alimenti commercializzati.

La normativa europea individua come primo responsabile delle informazioni alimentari, l'operatore con cui il nome o ragione sociale il prodotto viene commercializzato. Tale soggetto assume una posizione centrale poiché è colui che immette l'alimento sul mercato presentandolo al consumatore e garantendone la conformità alle disposizioni legislative⁸³. In questo modo la normativa attribuisce agli OSA un ruolo fondamentale nella prevenzione dei rischi alimentari, imponendo loro specifici obblighi relativi alla sicurezza, alla tracciabilità e alla corretta gestione degli alimenti immessi sul mercato. Tra questi obblighi rientra anche la rintracciabilità degli alimenti, che consente di individuare e ricostruire tutte le fasi della produzione, trasformazione e distribuzione di un prodotto alimentare. Tale sistema rappresenta uno strumento essenziale per garantire maggiore trasparenza e consentire un rapido intervento in caso di rischio per la salute pubblica, attraverso procedure di ritiro o richiamo⁸⁴ dei prodotti non conformi. Gli operatori devono infatti garantire che i prodotti siano sicuri per il consumatore⁸⁵ e conformi ai requisiti previsti dalla legislazione alimentare, adottando adeguate procedure di autocontrollo basate sui principi dell'HACCP e predisponendo misure preventive finalizzate a ridurre i rischi biologici, chimici e fisici lungo tutta la filiera agroalimentare. La crescente globalizzazione del mercato agroalimentare, l'aumento della complessità

⁸² Art. 8 reg. (UE) 1169/2011: disciplina la responsabilità degli operatori del settore alimentare per le informazioni sugli alimenti, individuando il soggetto responsabile dell'etichettatura e ripartendo gli obblighi informativi lungo la filiera alimentare.

⁸³ Rivista diritto alimentare. Anno VIII, numero 1 • Gennaio-Marzo 2014

⁸⁴ Il ritiro riguarda la rimozione di un alimento non conforme dalla catena distribuita prima che raggiunga il consumatore finale; il richiamo invece, si applica quando il prodotto è già nella disponibilità del consumatore e richiede un'informazione pubblica finalizzata a evitarne il consumo.

⁸⁵ Si veda: https://suap.regione.fvg.it/portale/cms/it/approfondimenti/Notifica_igienico_sanitaria.html

delle filiere produttive e la diffusione delle frodi alimentari hanno progressivamente ampliato le responsabilità dell'OSA, rendendo sempre più necessario l'impiego di sistemi di controllo efficaci, tecnologie innovative e procedure standardizzate in grado di garantire elevati livelli di sicurezza, qualità, trasparenza e tracciabilità lungo l'intera catena alimentare. L'evoluzione del fenomeno delle frodi alimentari ha progressivamente ampliato il ruolo dell'Operatore del Settore Alimentare, chiamato oggi a svolgere una funzione che va oltre il mero rispetto degli obblighi imposti dalla normativa. La crescente complessità delle filiere produttive e la globalizzazione dei mercati hanno infatti reso necessario un approccio orientato non soltanto alla sicurezza degli alimenti, ma anche alla prevenzione delle pratiche fraudolente che possono compromettere l'autenticità e l'integrità dei prodotti immessi sul mercato. In tale contesto, assume particolare rilievo la capacità dell'operatore di individuare le vulnerabilità presenti lungo la filiera produttiva, valutando i possibili punti critici nei quali potrebbero verificarsi sostituzioni di materie prime, adulterazioni, contraffazioni o altre pratiche fraudolente finalizzate all'ottenimento di un vantaggio economico. L'attività di prevenzione richiede pertanto un'attenta valutazione dei fornitori, della provenienza delle materie prime, dell'affidabilità delle procedure di approvvigionamento e dell'efficacia dei sistemi di tracciabilità adottati dall'impresa. La gestione del rischio di frode rappresenta oggi un elemento complementare rispetto ai tradizionali sistemi di autocontrollo, poiché consente di intervenire preventivamente sulle vulnerabilità della filiera prima che le condotte fraudolente possano concretizzarsi. In tale prospettiva, l'adozione di procedure organizzative finalizzate alla prevenzione delle frodi contribuisce non soltanto alla tutela della salute pubblica, ma anche alla salvaguardia dell'autenticità degli alimenti, della trasparenza delle informazioni fornite ai consumatori e della correttezza delle pratiche commerciali⁸⁶.

3.3 Profili di responsabilità

Nel settore alimentare, la tutela della salute pubblica e degli interessi del consumatore comporta l'applicazione di differenti forme di responsabilità a carico dell'operatore del settore alimentare. La normativa vigente prevede infatti un sistema articolato di

⁸⁶ Spink J., *Food Fraud Prevention: Introduction, Implementation, and Management*, Springer, Cham, 2019.

responsabilità finalizzato a garantire il rispetto delle disposizioni igienico - sanitarie, la sicurezza degli alimenti e la correttezza delle pratiche commerciali lungo tutta la filiera agroalimentare. In particolare le criticità possono riguardare sia la tutela della salute pubblica, ad esempio nei casi di malattie trasmesse attraverso gli alimenti (MTA), sia la tutela degli interessi economici del consumatore, come avviene nelle ipotesi di frode alimentare, adulterazione o pratiche commerciali ingannevoli. Per garantire un adeguato livello di protezione, la normativa prevede un sistema articolato di strumenti di controllo e di responsabilità. In primo luogo, sono previsti strumenti amministrativi finalizzati a consentire all'operatore di adeguarsi alle disposizioni normative attraverso prescrizioni, diffide e misure correttive. In tale contesto assumono particolare rilevanza gli strumenti di autocontrollo aziendale, tra cui il sistema di HACCP, che rappresenta uno dei principali mezzi attraverso cui gli operatori possono dimostrare di avere il controllo dei propri processi produttivi. L'autocontrollo non costituisce soltanto un obbligo normativo, ma diventa un elemento essenziale della strategia di prevenzione dei rischi alimentari. Attraverso l'identificazione dei punti critici e l'adozione di misure preventive. L'OSA è chiamato a garantire che gli alimenti immessi sul mercato siano sicuri e conformi ai requisiti legislativi. La prevenzione assume un ruolo prioritario rispetto alla semplice repressione degli illeciti. La finalità principale non consiste nel punire l'operatore dopo che il rischio si è manifestato, ma nel creare le condizioni affinché tale rischio possa essere individuato e gestito prima che produca conseguenze per la salute dei consumatori. In questo modo la tutela della salute pubblica viene perseguita attraverso un sistema integrato di responsabilità condivise tra operatori e autorità di controllo. Nonostante l'evoluzione della normativa europea, persistono delle criticità nell'applicazione pratica del sistema. In particolare, la coesistenza tra il modello tradizionale, caratterizzato da una forte componente sanzionatoria e il nuovo approccio europeo basato sulla prevenzione⁸⁷ e sulla gestione del rischio. Tale sovrapposizione può generare incertezze interpretative e applicative, soprattutto quando l'attività di controllo continua ad essere orientata prevalentemente alla ricerca di irregolarità formale anziché alla valutazione dell'effettiva capacità dell'operatore di garantire la sicurezza alimentare. In caso di violazioni considerate lievi e sanabili, l'adeguamento dell'OSA alle prescrizioni impartite dalle

⁸⁷ Il regime della responsabilità dell'operatore del settore alimentare: profili evolutivi ed odierni aspetti problematici, in C. Ricci (a cura di), Tutela multilivello della sicurezza alimentare, Giuffrè, Milano, 2012, pp. 331-354

autorità competenti può infatti evitare l'applicazione di conseguenze sanzionatorie. L'insieme degli strumenti normativi, amministrativi e penali predisposti dall'ordinamento per garantire la sicurezza degli alimenti, la tutela della salute pubblica e la correttezza degli scambi commerciali e la protezione del consumatore rappresentano il sistema punitivo agroalimentare⁸⁸. Si tratta di un sistema particolarmente complesso ed articolato, derivante dall'interazione tra la normativa europea e quella nazionale, che operano in modo complementare nella regolazione della filiera agroalimentare. La struttura del sistema si sviluppa su più livelli. A livello europeo vengono definiti i principi generali della sicurezza alimentare e gli obblighi che gravano sugli operatori del settore alimentare, mentre agli Stati membri è attribuito il compito di individuare gli strumenti sanzionatori più idonei a garantire il rispetto delle disposizioni europee. Il sistema punitivo agroalimentare è caratterizzato dalla coesistenza di illeciti amministrativi e illeciti penali, organizzati secondo una struttura piramidale che consente di graduare la risposta dell'ordinamento in relazione alla gravità della violazione. Le sanzioni amministrative trovano generale applicazione nelle ipotesi di inosservanza degli obblighi normativi che non determinano un concreto pericolo per la salute pubblica, mentre il diritto penale interviene nei confronti delle condotte più gravi, quali le frodi alimentari, la commercializzazione di alimenti nocivi, le adulterazioni e tutte le situazioni che possono compromettere la sicurezza dei consumatori. Le violazioni della normativa alimentare possono dar luogo a conseguenze di natura penale, amministrativa e civile, a seconda della gravità del comportamento, del tipo di danno provocato e degli interessi coinvolti. In alcuni casi, infatti la condotta dell'operatore può costituire un reato perseguibile penalmente, in altri può comportare l'applicazione di sanzioni amministrative da parte delle autorità competenti oppure determinare l'obbligo di risarcire i danni causati ai consumatori o ad altri soggetti coinvolti. La responsabilità amministrativa comprende sanzioni pecuniarie e i provvedimenti applicati in caso di inosservanza degli obblighi previsti dalla normativa alimentare e dai controlli ufficiali: sospensioni, sequestri o limitazioni dell'attività produttiva.⁸⁹ La responsabilità penale riguarda le violazioni più gravi che possono compromettere la salute pubblica o integrare

⁸⁸ F. Raffone, *Il sistema sanzionatorio penale e le intersezioni col sistema dei controlli: diffida, prescrizione estintiva e altri strumenti di estinzione del reato*, in P. Borghi, L. Costantino (a cura di), *I controlli ufficiali nella filiera agroalimentare*, Giappichelli, 2026, pp. 85-107

ipotesi di frode, adulterazione o commercio di alimenti nocivi, possono trovare applicazione sanzioni penali, articolate in contravvenzioni e delitti. Tali sanzioni possono essere accompagnate da ulteriori provvedimenti accessori diretti a limitare o impedire la prosecuzione dell'attività illecita. Tra le principali misure accessorie figurano il sequestro e la distruzione degli alimenti non conformi, la sospensione dell'attività e nei casi più gravi. La chiusura dello stabilimento o revoca delle autorizzazioni amministrative. Accanto a queste, assume particolare rilievo anche la responsabilità civile, che può essere di natura contrattuale o extra contrattuale e che riguarda il risarcimento dei danni derivanti dalla commercializzazione di alimenti non conformi o pericolosi per il consumatore. La distinzione tra queste diverse forme di responsabilità risulta fondamentale per comprendere il funzionamento del sistema di tutela previsto dal diritto alimentare moderno e il ruolo centrale attribuito all'operatore del settore alimentare nella prevenzione dei rischi e nella garanzia della sicurezza degli alimenti immessi sul mercato. La responsabilità civile nel settore alimentare assume un ruolo importante nella tutela del consumatore, soprattutto nei casi in cui la commercializzazione di alimenti non sicuri provochi danni alla salute o pregiudizi economici. Tuttavia, nel moderno diritto alimentare europeo, la funzione risarcitoria della responsabilità civile tende ad essere affiancata e in parte superata da strumenti preventivi basati sul controllo del rischio, sull'autocontrollo aziendale e sulla tracciabilità lungo tutta la filiera agroalimentare. La responsabilità civile continua comunque a svolgere una funzione essenziale nei rapporti tra operatore e consumatore soprattutto nei casi di danno derivante da prodotti alimentari difettosi o non conformi. In tali situazioni, il consumatore può richiedere il risarcimento del danno subito sulla base delle norme relative alla responsabilità contrattuale o extracontrattuale⁹⁰ e della disciplina sulla responsabilità da prodotto difettoso. Nel settore agroalimentare, la responsabilità civile risulta strettamente collegata anche al problema dell'asimmetria informativa, poiché il consumatore non dispone delle stesse informazioni del produttore riguardo alla qualità, alla provenienza e alle caratteristiche dell'alimento. Per questo motivo, assume particolare rilievo il dovere dell'operatore di fornire informazioni corrette, trasparenti e non ingannevoli attraverso etichettatura, tracciabilità e comunicazione commerciale. La crescente complessità delle filiere agroalimentari e

⁹⁰ La responsabilità contrattuale consegue deriva dall'inadempimento di un obbligo assunto nell'ambito di un rapporto contrattuale preesistente tra le parti. La responsabilità extracontrattuale nasce dalla violazione del generale dovere di non arrecare danno ad altri, indipendente dall'esistenza di un rapporto contrattuale.

l'evoluzione tecnologica hanno inoltre ampliato i profili di responsabilità degli operatori del settore alimentare che oggi rispondono non soltanto della sicurezza sanitaria del prodotto, ma anche della corretta gestione dei processi produttivi, della conformità normativa e della tutela degli interessi economici del consumatore. Tra gli obblighi fondamentali assume particolare rilievo il principio di rintracciabilità previsto dall'art 18 del Regolamento (CE) n.178/2002, che consente di ricostruire il percorso dell'alimento lungo tutta la filiera produttiva attraverso l'identificazione di fornitori, materie prime e destinazione dei prodotti. Tale sistema rappresenta uno strumento essenziale per garantire rapidità d'intervento nei casi di rischio per la salute pubblica e per assicurare maggiore trasparenza nei confronti del consumatore. Ulteriore principio cardine del diritto alimentare europeo è il principio di precauzione,⁹¹ disciplinato dall'articolo 7 del Regolamento (CE) n. 178/2002, secondo cui, in presenza di un rischio potenziale per la salute umana non ancora pienamente dimostrato sul piano scientifico, possono essere adottate misure preventive finalizzate a garantire un elevato livello di tutela della salute pubblica. La normativa europea prevede inoltre specifici obblighi di intervento in situazioni di crisi o di non conformità degli alimenti e dei mangimi. Qualora un operatore ritenga o abbia motivo di ritenere che un alimento possa risultare dannoso o non conforme ai requisiti di sicurezza, è tenuto ad attivare immediatamente procedure di ritiro dal mercato e ad informare tempestivamente le autorità competenti. Nei casi in cui il prodotto abbia già raggiunto il consumatore finale, devono essere adottate adeguate misure informative e, qualora necessarie procedure di richiamo pubblico del prodotto al fine di prevenire possibili rischi per la salute. L'insieme di tali obblighi evidenzia come il moderno diritto alimentare europeo sia fondato su un approccio preventivo e integrato, volto non solo alla repressione delle violazioni, ma soprattutto alla gestione del rischio, alla responsabilizzazione degli operatori e alla tutela della salute e degli interessi del consumatore lungo tutta la filiera agroalimentare.

3.4 La responsabilità penale: il sistema sanzionatorio

La tutela penale degli alimenti si inserisce all'interno di un sistema più ampio di protezione che mira non soltanto a garantire la sicurezza dei prodotti immessi sul mercato, ma anche a preservare la fiducia dei consumatori e il corretto funzionamento del mercato

⁹¹Responsabilità degli operatori. Disponibile su: <https://www.foodtimes.eu/it/consumatori-e-salute/sicurezza-alimentare-abc-responsabilita-operatori/?utm>

agroalimentare. Il sistema sanzionatorio penale⁹² previsto dal diritto alimentare italiano si basa principalmente sull'applicazione di sanzioni penali, sanzioni amministrative e misure accessorie, che operano con finalità sia repressive che preventive. Le sanzioni penali vengono applicate nei confronti degli operatori del settore alimentare responsabili di condotte che violano le disposizioni poste a tutela della sicurezza alimentare e possono comprendere ammende, arresto o altre pene previste dal Codice penale e dalla normativa speciale di settore, a seconda della gravità della fattispecie. Tali sanzioni risultano particolarmente rilevanti nei casi in cui la commercializzazione degli alimenti possa arrecare danni alla salute dei consumatori o compromettere la fiducia nel mercato agroalimentare. Accanto alle sanzioni penali, il sistema prevede anche sanzioni amministrative applicabili nei casi di inosservanza degli obblighi previsti dalla normativa alimentare europea e nazionale. Queste consistono prevalentemente nel pagamento di somme di denaro e trovano applicazione, ad esempio in caso di irregolarità relative all'etichettatura, alla tracciabilità, ai controlli igienico-sanitari o alle procedure di autocontrollo aziendale. A tali strumenti si aggiungono inoltre le cosiddette misure accessorie, che possono accompagnare sia le sanzioni penali sia quelle amministrative. Tra le principali misure accessorie rientrano il sequestro e la distruzione degli alimenti non conformi, il ritiro o richiamo di prodotti dal mercato, la sospensione dell'attività produttiva e nei casi più gravi la chiusura temporanea dello stabilimento. Tali misure hanno una funzione cautelativa e preventiva poiché mirano ad impedire la diffusione di alimenti pericolosi e a garantire la tutela immediata della salute pubblica. L'evoluzione del diritto alimentare europeo ha profondamente modificato il ruolo del sistema sanzionatorio. Con l'introduzione del Regolamento (CE) n. 178/2002 e della successiva normativa europea in materia di igiene e sicurezza alimentare, si è progressivamente affermato un modello fondato sulla prevenzione del rischio. In tale prospettiva, la sicurezza alimentare non viene più garantita esclusivamente attraverso l'intervento repressivo dell'autorità pubblica, ma mediante l'obbligo per l'operatore di controllare costantemente i propri processi produttivi attraverso sistemi di autocontrollo, procedure di tracciabilità e strumenti di gestione del rischio. L'OSA assume quindi una posizione centrale nel sistema di sicurezza alimentare, diventando il primo responsabile della conformità degli alimenti alle disposizioni normative. Il sistema normativo italiano ha

⁹² G. Minicucci, *Il "sistema" del diritto punitivo in materia alimentare, su Discrimen*, 11.6.25.

parallelamente conosciuto un progressivo processo di depenalizzazione, volto a trasferire nell'ambito degli illeciti amministrativi numerose violazioni considerate di minore gravità. Nonostante tale evoluzione, il diritto penale continua a svolgere un ruolo essenziale nella tutela della sicurezza alimentare, soprattutto con riferimento alle condotte maggiormente lesive o potenzialmente pericolose per la salute pubblica. Permangono infatti fattispecie incriminatrici previste sia dal Codice Penale sia dalla legge 30 aprile 1962, n. 283, che per lungo tempo ha costituito il principale riferimento normativo della disciplina penalistica alimentare. L'ordinamento distingue tradizionalmente tra delitti e contravvenzioni. I delitti rappresentano le forme più gravi di illecito e sono puniti con la reclusione e la multa, mentre le contravvenzioni costituiscono reati di minore gravità e sono sanzionate mediante arresto o ammenda. Proprio le contravvenzioni hanno storicamente assunto un ruolo centrale nel diritto alimentare, poiché hanno permesso di anticipare la tutela della salute pubblica punendo comportamenti potenzialmente pericolosi anche in assenza di un danno effettivo. In alcuni casi è prevista la possibilità di estinguere il reato attraverso l'oblazione⁹³, istituto che consente al contravventore di evitare il procedimento penale mediante il pagamento di una somma di denaro stabilita dalla legge. Una delle caratteristiche più significative del diritto penale alimentare è rappresentata dalla frequente configurazione dei reati come reati di pericolo. In tali fattispecie la legge ritiene sufficiente la mera esposizione del bene giuridico a una situazione di rischio, senza richiedere la concreta verifica di un evento dannoso. La finalità è quella di anticipare la soglia della tutela penale e di intervenire prima che il pericolo possa trasformarsi in un danno effettivo per la salute dei consumatori. Questo modello trova la sua giustificazione nella particolare rilevanza del bene giuridico protetto, rappresentato dalla salute pubblica. Tra le fattispecie più gravi previste dal Codice Penale assume particolare rilievo l'articolo 439 c.p., che disciplina il delitto di avvelenamento di acque o sostanze alimentari. Tale disposizione punisce con pene estremamente severe, che possono arrivare fino all'ergastolo qualora dai fatti derivi la morte di una o più persone. Si tratta di un reato di pericolo presunto, nel quale il legislatore considera

⁹³ L'oblazione costituisce una causa di estinzione del reato applicabile a determinate convenzioni. Attraverso il pagamento di una somma di denaro stabilita dalla legge. L'imputato può ottenere l'estinzione del procedimento penale, evitando la condanna. Tale istituto trova frequente applicazione nell'ambito delle contravvenzioni alimentari previste dalla legge n.283/1962.

l'avvelenamento di per sé idoneo a mettere in pericolo la collettività, senza necessità di dimostrare concretamente l'esistenza del rischio nel singolo caso.

L'evoluzione più recente del diritto alimentare evidenzia tuttavia una progressiva trasformazione della funzione della sanzione penale. Pur mantenendo un ruolo essenziale nei confronti delle condotte più gravi, il diritto penale tende oggi ad essere affiancato da strumenti orientati alla prevenzione e al ripristino della conformità normativa. In questa prospettiva, la tutela della sicurezza alimentare non dipende esclusivamente dalla punizione dell'illecito, ma dalla capacità dell'intero sistema di individuare tempestivamente i rischi, correggere le non conformità e garantire il controllo delle attività svolte lungo l'intera filiera agroalimentare. Nell'ambito della tutela penale degli alimenti, un ruolo particolarmente importante è stato svolto dalle contravvenzioni previste dalla legge 30 aprile 1962, n.283, che per molti anni ha rappresentato il principale strumento normativo volto a garantire la sicurezza, l'igiene e la genuinità dei prodotti alimentari. Le disposizioni contenute in tale legge si caratterizzano per una significativa anticipazione della tutela, poiché mirano a prevenire situazioni potenzialmente pericolose per la salute pubblica prima ancora che si verifichi un danno concreto al consumatore. Tra le norme più rilevanti vi è l'art. 5 che vieta una serie di condotte in grado di compromettere la genuinità, l'integrità e la sicurezza degli alimenti, nonché l'art. 12 che sanziona l'introduzione nel territorio nazionale di prodotti alimentari non conformi ai requisiti previsti dalla legge. La normativa prevede inoltre una particolare tutela per il commerciante che distribuisce prodotti in confezioni originali, escludendone la responsabilità quando non sia a conoscenza della non conformità dell'alimento e non vi siano segni mendaci. In questo contesto si inseriscono anche le innovazioni introdotte dalla riforma Cartabia⁹⁴, che ha rafforzato l'orientamento verso strumenti di definizione anticipata dei procedimenti e meccanismi finalizzati al ripristino della legalità. L'obiettivo perseguito dal legislatore è quello di riservare la risposta penale ai casi più gravi, favorendo invece, per le violazioni di minore offensività soluzioni che consentano la regolarizzazione delle situazioni illecite e la rapida eliminazione di situazioni di rischio.

⁹⁴ La riforma Cartabia (D. Lgs. 150/2022) ha introdotto nel settore agroalimentare una procedura di estinzione delle contravvenzioni (artt. 12 -ter e seguenti della L. 283/1962). Gli operatori possono sanare le violazioni di natura contravvenzionale pagando una sanzione ed eliminando il pericolo per la salute.

Tale approccio risulta coerente con l'evoluzione del diritto alimentare europeo, sempre più orientato alla prevenzione piuttosto che alla sola repressione delle violazioni⁹⁵.

3.5 Critiche al sistema, in prospettive di riforma e rafforzamento della tutela

Il regime delle responsabilità nel settore alimentare ha subito nel corso degli anni una profonda trasformazione, passando da un modello prevalentemente repressivo, fondato sul controllo del prodotto finito, a un sistema orientato alla prevenzione del rischio e alla responsabilizzazione dell'operatore e del settore alimentare. In origine la disciplina italiana era incentrata principalmente sulla tutela della salubrità e sull'igiene degli alimenti attraverso un apparato normativo rigido e un sistema sanzionatorio, essenzialmente penale. In tale contesto, tipico della legge n. 283 del 1962, l'autorità pubblica esercitava un controllo esterno, mentre l'imprenditore era chiamato a rispettare prescrizione impostata dalla legge senza assumere un ruolo attivo nella gestione della sicurezza alimentare. L'evoluzione dei processi produttivi, la crescente industrializzazione nel settore agroalimentare e l'ampliamento dei mercati hanno progressivamente evidenziato i limiti di questo modello. La produzione su larga scala ha infatti aumentato il numero dei consumatori potenzialmente esposti ai rischi derivanti dalla diffusione di alimenti non sicuri, rendendo insufficiente un sistema basato esclusivamente sulla verifica del prodotto finale. Un impulso decisivo al cambiamento è stato determinato dalle gravi crisi alimentari che hanno interessato l'Europa negli anni Novanta, tra cui quella legata all'encefalopatia spongiforme bovina (BSE), che hanno messo in evidenza l'impossibilità per l'autorità pubblica di garantire da sola la sicurezza degli alimenti mediante controlli successivi alla produzione. È così emersa la necessità di adottare un approccio preventivo fondato sull'analisi e sulla gestione del rischio lungo l'intera filiera alimentare. In questa prospettiva la direttiva 93/43/CEE e il successivo decreto legislativo n. 155 del 1997 hanno introdotto il sistema di autocontrollo basato sui principi di HACCP, attribuendo agli operatori del settore alimentare un ruolo centrale nella prevenzione dei rischi. L'obiettivo non è più soltanto quello di ottenere un prodotto

⁹⁵ C. Bernasconi, Deflazione processuale mediante istituti di diritto penale sostanziale nella c.d. riforma Cartabia: il restyling alla particolare tenuità del fatto e la nuova procedura estintiva in materia di alimenti e bevande, in *disCrimen*, 1/2023, 13.

finale conforme ai requisiti igienico-sanitarie, ma di garantire il controllo costante dell'intero processo produttivo attraverso l'individuazione e il monitoraggio dei punti critici. L'operatore diviene così primo responsabile della sicurezza degli alimenti immessi sul mercato assumendo un ruolo attivo nella gestione del rischio e nell'adozione delle misure necessarie a prevenirlo. Tale evoluzione ha influenzato anche il sistema sanzionatorio agroalimentare. Accanto alle fattispecie penali si è progressivamente sviluppato un articolato sistema di illeciti amministrativi, destinato a sanzionare le violazioni degli obblighi di autocontrollo, rintracciabilità, etichettatura e gestione del rischio. Il processo di depenalizzazione avviato alla fine degli anni Novanta ha infatti trasferito numerose violazioni settoriali dall'ambito penale a quello amministrativo, con l'obiettivo di riservare l'intervento penale alle condotte maggiormente lesive della salute pubblica. Nonostante l'orientamento europeo verso un modello fondato sulla prevenzione, nell'orientamento italiano continua tuttavia a permanere una significativa sovrapposizione tra il sistema amministrativo e quello penale. Accanto alle sanzioni amministrative previste per la violazione degli obblighi europei, sopravvivono infatti numerose fattispecie contravvenzionali introdotte dalla legge n. 283 del 1962 ancora oggi ampiamente applicate. Questa coesistenza genera talvolta difficoltà interpretative e applicative, soprattutto nei casi in cui condotte riconducibili a semplici irregolarità documentali o informative vengono ricondotte nell'ambito delle fattispecie penali. Ne deriva un sistema complesso nel quale convivono logiche differenti: da un lato la prevenzione e la gestione del rischio proprie del diritto alimentare europeo, dall'altro un'impostazione tradizionale maggiormente orientata alla repressione dell'illecito e al controllo del prodotto finito. L'attuale sistema sanzionatorio agroalimentare, pur avendo costituito per lungo tempo il principale strumento di tutela della sicurezza alimentare e della correttezza degli scambi commerciali, presenta oggi numerose criticità derivanti dall'evoluzione del contesto economico e produttivi. La crescente globalizzazione dei mercati, la complessità delle filiere agroalimentari e la continua trasformazione delle pratiche commerciali hanno infatti evidenziato i limiti di un impianto normativo caratterizzato da una forte frammentazione e dalla mancanza di un Testo Unico di riferimento⁹⁶. Tale situazione rende spesso difficile individuare con chiarezza le condotte

⁹⁶ F. Raffone, *Il sistema sanzionatorio penale e le intersezioni col sistema dei controlli: diffida, prescrizione estintiva e altri strumenti di estinzione del reato*, in P. Borghi, L. Costantino (a cura di), *I controlli ufficiali nella filiera agroalimentare*, Giappichelli, 2026, pp. 85-107

illecite e garantire un'applicazione uniforme delle disposizioni vigenti. A ciò si aggiunge la presenza di una pluralità di norme penali e amministrative che, non sempre coordinate tra loro, possono determinare sovrapposizioni interpretative e applicative, con conseguenti difficoltà sia per gli operatori del settore sia per le autorità di controllo. Nell'ottica di un complessivo ammodernamento della disciplina, assume particolare rilievo il disegno di legge di riforma delle sanzioni nei settori dell'agricoltura, della pesca e dell'agroalimentare, approvato dal Consiglio dei Ministri il 9 aprile 2025, e, successivamente con la legge n°75 del 2026 entrata in vigore il 29 maggio scorso. L'intervento si propone di adeguare il sistema repressivo alle nuove esigenze di tutela del mercato agroalimentare, attraverso una revisione sia delle disposizioni penali sia del sistema delle sanzioni amministrative. Dopo anni di norme disorganiche si è provveduto a dare un assetto coerente e moderno per contrastare le forme più evolute della criminalità ed offrire al consumatore tutele adeguate. È significativa l'introduzione di un capo autonomo nel Codice Penale con il compito di contrastare i crimini contro il patrimonio agroalimentare, che segna una svolta decisiva rispetto alle leggi frammentate precedenti; l'inasprimento delle sanzioni per la contraffazione delle DOP e IGP; l'estensione delle responsabilità degli enti al settore. È una sfida nata per creare delle condizioni perché le sanzioni vengano applicate con rigore e sistematicità, restituendo a tutto il settore agroalimentare la certezza del diritto e la fiducia nel mercato. Tra le principali prospettive di rafforzamento della tutela agroalimentare emerge la necessità di sviluppare forme sempre più efficaci di cooperazione internazionale. La globalizzazione delle filiere produttive e commerciale rende infatti insufficiente un approccio esclusivamente nazionale al contrasto delle frodi alimentari. In tale contesto assumono particolare rilievo le reti europee di cooperazione amministrativa e investigativa, come l'EU Agri-food Fraud Network (FFN)⁹⁷ nonché le operazioni congiunte coordinate da Europol e INTERPOL, finalizzate all'individuazione e alla repressione delle frodi transfrontaliere. Parallelamente, il legislatore europeo ha progressivamente rafforzato il sistema di controlli ufficiali attraverso il Regolamento (UE) 2017/625⁹⁸, che promuove un approccio

⁹⁷ Agri-food Fraud Network. Disponibile su: https://food.ec.europa.eu/food-safety/eu-agri-food-fraud-network_en?prefLang=bg&utm

⁹⁸ Il Regolamento (UE) 2017/625 disciplina i controlli ufficiali lungo la filiera agroalimentare per verificare il rispetto della normativa europea in materia di sicurezza alimentare, salute animale e tutela dei consumatori. Basato sul principio dell'analisi del rischio, rafforza la cooperazione tra le autorità competenti degli Stati membri e introduce strumenti più efficaci per la prevenzione e il contrasto delle frodi alimentari.

integrato lungo la filiera agroalimentare. Le più recenti strategie di tutela appaiono inoltre orientate verso modelli preventivi fondati sulla tracciabilità, sull'analisi del rischio e sullo scambio tempestivo di informazioni tra le autorità competenti, nella consapevolezza che la prevenzione rappresenta uno strumento più efficace della sola repressione per garantire la sicurezza degli alimenti e la protezione dei consumatori. La Food Fraud Network è una rete europea che riunisce la Commissione Europea e gli organismi di collegamento designati dagli Stati membri, nonché da alcuni Paesi associati quali Svizzera, Norvegia e Islanda. La rete opera con il supporto scientifico del Centro di conoscenza della Commissione Europea per le frodi e la qualità degli alimenti e si avvale della collaborazione di organismi specializzati come l'Ufficio europeo per la lotta antifrode (OLAF) per le attività investigative. Dal 2013 la Food Fraud Network favorisce lo scambio di informazioni e la collaborazione tra le autorità competenti nei casi di sospette violazioni della legislazione europea lungo la filiera agroalimentare. Attraverso un sistema strutturato di assistenza reciproca, la rete facilita la trasmissione delle informazioni necessarie per verificare il rispetto della normativa e coordinare eventuali interventi che coinvolgano più stati. In questo modo viene garantita una risposta più rapida ed efficace ai fenomeni fraudolenti, contribuendo a rafforzare la tutela dei consumatori, la sicurezza alimentare e la trasparenza del mercato agroalimentare europeo. L'efficacia del contrasto alle frodi alimentari dipende infatti dalla capacità di coordinare le attività di soggetti diversi, tra cui autorità sanitarie, forze di polizia, autorità doganali, magistratura e pubbliche amministrazioni. La cooperazione tra tali organismi consente di affrontare in maniera più efficace le violazioni della normativa agroalimentare che difficilmente potrebbero essere contrastate tramite strumenti esclusivamente nazionali. L'operazione OPSON⁹⁹, con attività congiunte di Europol e Interpol, nel corso delle diverse edizioni, ha mantenuto invariato il proprio ambito di intervento, concentrandosi sul contrasto alla commercializzazione di alimenti e bevande contraffatti o non conformi agli standard normativi vigenti. L'attività di controllo riguarda tutti i prodotti destinati al consumo umano o animale, con esclusione di categorie specifiche quali medicinali, cosmetici, prodotti del tabacco, ecc. Nell'ambito dell'operazione, per alimento contraffatto si intende un prodotto che viola i diritti di proprietà intellettuale riconosciuti

⁹⁹ OPSON. Disponibile su: <https://www.europol.europa.eu/operations-services-and-innovation/operations/operation-opson?utm>

dalla normativa internazionale europea, come nel caso dell'utilizzo illecito di marchi, denominazioni protette o altri segni distintivi. Per alimento non conforme o scadente s'intende invece un prodotto che non soddisfa i requisiti previsti dalla legislazione in materia di produzione, trasformazione, confezionamento, conservazione o distribuzione e che presenta pertanto caratteristiche qualitative inferiori rispetto agli standard richiesti dalle norme vigenti. L'obiettivo di OPSO è individuare e contrastare le frodi alimentari lungo l'intera filiera produttiva e commerciale, garantendo una maggiore tutela dei consumatori e contribuendo alla salvaguardia della leale concorrenza nel mercato agroalimentare. La crescente complessità del sistema agroalimentare impone una riflessione sull'efficacia degli strumenti tradizionalmente impiegati per il contrasto alle frodi alimentari. La letteratura evidenzia come il ricorso esclusivo a misure repressive e sanzionatorie non sia più sufficiente a fronteggiare un fenomeno che si sviluppa all'interno delle filiere produttive sempre più globalizzate, caratterizzate da una pluralità di operatori, della delocalizzazione delle produzioni e da catene di approvvigionamento di difficile controllo. In tale contesto, la criminalità alimentare assume una dimensione sistemica, nella quale le opportunità di realizzare pratiche fraudolente sono favorite non soltanto dalle condotte dei singoli operatori, ma anche dalle vulnerabilità strutturali del mercato agroalimentare. Ne consegue che la prevenzione non può limitarsi all'individuazione e alla repressione degli illeciti, ma deve perseguire l'obiettivo di rafforzare l'integrità dell'intera filiera attraverso strumenti che favoriscano la tracciabilità delle materie prime, la trasparenza delle informazioni e una più efficace cooperazione tra imprese, autorità competenti e organismi di controllo. In questa prospettiva assume particolare rilievo il ruolo dell'Operatore del Settore Alimentare, chiamato non soltanto ad adempiere agli obblighi imposti dalla normativa vigente, ma anche ad adottare modelli organizzativi orientati alla prevenzione del rischio e alla promozione di una cultura dell'integrità e della responsabilità. La tutela del consumatore, infatti, non può essere ricondotta esclusivamente alla sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti, ma comprende anche la garanzia della loro autenticità, della correttezza delle informazioni fornite e della trasparenza delle pratiche commerciali. Alla luce di tali considerazioni, appare evidente come le future strategie di contrasto alle frodi alimentari debbano fondarsi su un approccio integrato, nel quale strumenti normativi, controlli ufficiali, innovazione tecnologica e responsabilizzazione degli operatori concorrano congiuntamente alla tutela

della salute pubblica e al rafforzamento della fiducia dei consumatori nel sistema agroalimentare¹⁰⁰.

CONCLUSIONI

L'analisi svolta ha evidenziato come il diritto alimentare abbia conosciuto negli ultimi decenni una profonda evoluzione, passando da un modello fondato prevalentemente sulla repressione delle violazioni a un sistema incentrato sulla prevenzione del rischio e sulla responsabilizzazione degli operatori del settore alimentare. L'affermazione dei principi introdotti dalla normativa europea, in particolare attraverso il regolamento (CE) N.178/2002 e la diffusione degli strumenti di autocontrollo basati sull' HACCP, ha determinato un cambiamento sostanziale nell'approccio alla sicurezza alimentare, spostando l'attenzione dal controllo del prodotto finito alla gestione dell'intero processo produttivo. In questo contesto, la figura dell'OSA ha assunto un ruolo centrale nella prevenzione dei rischi e nella garanzia della conformità degli alimenti immessi sul mercato. Dalla disamina del sistema sanzionatorio è emerso come l'ordinamento italiano presenti ancora elementi di criticità. La stratificazione normativa che si è sviluppata nel corso del tempo ha determinato la coesistenza di discipline europee e nazionali, di norme penali e amministrative e di disposizioni generali e settoriali non sempre perfettamente coordinate tra loro. La frammentazione genera incertezza interpretativa e applicativa, rendendo talvolta difficile individuare con precisione il confine tra illecito amministrativo e illecito penale. Particolarmente problematica appare inoltre la permanenza di fattispecie risalenti a un contesto storico profondamente diverso da quello attuale, che non sempre risultano adeguate a fronteggiare fenomeni complessi quali le moderne frodi alimentari e le alterazioni che interessano filiere produttive globalizzate. Ulteriori criticità emergono sotto il profilo dell'effettività della tutela. Le frodi agroalimentari contemporanee assumono spesso carattere transnazionale e coinvolgono una pluralità di soggetti operanti in diversi ordinamenti giuridici, rendendo insufficiente un approccio esclusivamente nazionale. La crescente complessità delle catene di approvvigionamento e la rapidità degli scambi commerciali richiedono strumenti di controllo sempre più sofisticati e una

¹⁰⁰ Matthew Robinson, *Food Crime: An Introduction to Deviance in the Food Industry*, Routledge, New York, 2024.

costante cooperazione tra autorità amministrative, investigative e giudiziarie. In questo scenario, la sola risposta sanzionatoria non appare sufficiente a garantire livelli elevati di protezione della salute pubblica e degli interessi economici dei consumatori. Alla luce delle criticità evidenziate, sarà fondamentale la legge n° 75/2026 con un intervento di riforma orientato a una maggiore razionalizzazione del sistema normativo. La predisposizione di una disciplina più organica e coordinata consentirà di superare molte delle attuali incertezze interpretative e di assicurarne una più efficace graduazione delle responsabilità in relazione alla gravità delle condotte. Parallelamente, risulta necessario proseguire nel rafforzamento degli strumenti preventivi, valorizzando la tracciabilità, l'analisi del rischio e le tecnologie innovative applicate al controllo delle filiere alimentari. Particolare importanza assume inoltre il consolidamento della cooperazione internazionale. L'esperienza della Food Fraud Network, il supporto investigativo dell'OLAF e le operazioni congiunte coordinate di Europol e INTERPOL dimostrano come il contesto alle frodi alimenti richieda sempre più un approccio integrato e sovranazionale. Lo scambio tempestivo di informazioni, il coordinamento delle attività di controllo e la condivisione delle competenze tecniche rappresentano strumenti essenziali per garantire un'efficace tutela del mercato agroalimentare europeo.

In conclusione, il futuro del diritto alimentare sembra orientato verso un modello nel quale prevenzione, responsabilizzazione degli operatori, innovazione tecnologica e cooperazione internazionale costituiscono elementi complementari e inscindibili. La sfida principale non consiste soltanto nel reprimere le violazioni già commesse, ma nel costruire un sistema capace di prevenire il rischio lungo tutta la filiera produttiva, garantendo al contempo elevati livelli di sicurezza alimentare, trasparenza del mercato e tutela dei consumatori. Nel corso dell'analisi si è evidenziato come il sistema dei reati alimentari stia attraversando una fase di significativa evoluzione. La recentissima riforma introdotta dalla legge n. 75 del 2026 rappresenta un possibile punto di svolta, nella misura in cui ridefinisce il bene giuridico tutelato e riorganizza le principali fattispecie incriminatrici. È ancora prematuro valutarne l'effettiva incidenza applicativa: solo la prassi giudiziaria e l'elaborazione giurisprudenziale consentiranno di comprendere se il nuovo assetto sarà in grado di superare le criticità emerse nel sistema previgente. Ciò che appare certo è che il legislatore ha avviato un processo di rinnovamento destinato a incidere profondamente sulla tutela penale del settore agroalimentare.

RINGRAZIAMENTI

Desidero esprimere la mia più sincera gratitudine alla Prof.ssa Raffone, relatrice di questa tesi, per la disponibilità, la cura e l'attenzione con cui ha seguito il mio lavoro. La sua guida, i suoi preziosi consigli e il supporto durante le fasi di questo percorso hanno rappresentato per me un punto di riferimento fondamentale.

Un ringraziamento speciale va ai miei genitori, che hanno reso possibile questo percorso universitario attraverso il loro sostegno costante, credendo in me e incoraggiandomi sempre. Per avermi supportata non solo dal punto di vista materiale, ma soprattutto con il loro affetto, la loro pazienza e la loro fiducia. Oggi questo traguardo è mio quanto loro.

A mia sorella sempre disponibile e pronta a darmi qualche consiglio nei momenti di indecisione.

BIBLIOGRAFIA

Bashura, J. P. (2020). *Food defense: Back to the basics*. In *Building the future of food safety technology* (pp. 101–118).

Bernardi C., Colombo F., Balzaretto C., Gagliardi C., Cattaneo P. *DNA Barcoding: A Useful Tool for Food Inspection*. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Veterinarie per la Sicurezza Alimentare, Università degli Studi di Milano.

Bernasconi C., Deflazione processuale mediante istituti di diritto penale sostanziale nella c.d. riforma Cartabia: il restyling alla particolare tenuità del fatto e la nuova procedura estintiva in materia di alimenti e bevande, in *disCrimen*, 1/2023, 13.

Birritteri E., *Una prima analisi dei profili penalistici della legge n. 75 del 2026 recante «Disposizioni sanzionatorie a tutela dei prodotti alimentari italiani»*, in *Sistema penale*, 8 giugno 2026.

Borghi P., *Sicurezza degli alimenti e dei mangimi nel Reg. CE n. 178/2002*, in P. Borghi (a cura di), *Trattato di diritto dell'Unione Europea. Agricoltura, alimentazione e ambiente*, Lefebvre Giuffrè, Milano, pp. 303-318.

Cao, T.T.; Yuan, Y.; Wang, J.; Liu, H.B. Rapid Detection of Chicken-, Duck-, and Pork-Derived Components in Beef by Duplex Tailed Recombinase Polymerase Isothermal Amplification Combined with Nucleic Acid Hybridization Lateral Flow Strip. *J. Food Saf. Qual.* 2023, 14, 119–128.

Di Pinto A, Mottola A, Marchetti P, Savarino A, Tantillo G. 2019. Sostituzione fraudolenta di specie nell'e-commerce di prodotti di origine della denominazione protetta (pdo). *J. Composizione alimentare. Anale.* 79:143–47

EFSA. *Animal by-products*.
<https://www.efsa.europa.eu/it/topics/animal-by-products>

Entegra PS. *Food Safety 4.0: le nuove tecnologie per il controllo qualità*.
<https://entegraps.it/articoli-e-approfondimenti/articoli-e-news/food-safety-40-le-nuove-tecnologie-il-controllo-qualita>

EUR-Lex. *Regolamento (CE) n. 1069/2009 sui sottoprodotti di origine animale*.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009R1069-20101109>

EUR-Lex. *Sicurezza alimentare nell'Unione europea*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=LEGISSUM:l32041>

European Union. *European Food Safety Authority (EFSA)*.
https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-food-safety-authority-efsa_it

Fanelli R.M. *Italian Consumers' Perceptions and Understanding of the Concepts of Food Sustainability, Authenticity and Food Fraud/Risk*. *Sustainability*. 2025;17:1831.

Minicucci G., *Il “sistema” del diritto punitivo in materia alimentare, su Discrimen*, 11.6.25.

Hayrapetyan H., Tran T., Tellez-Corrales E., Madiraju C. *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay: Types and Applications*. *Methods in Molecular Biology*. 2023;2612:1-17. doi:10.1007/978-1-0716-2903-1_1

He, M.; Xing, S.; Yao, G.; Yao, M.; Wen, X.; Ling, Y.; Guo, W. Application of next generation semiconductor based sequencing for species identification and meat derived products authentication. *Food Control* 2024, 165, 110639.

Hebert P.D., Cywinska A., Ball S.L., deWaard J.R. *Biological Identifications Through DNA Barcodes*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2003;270(1512):313-321. doi:10.1098/rspb.2002.2218

ISS Salute. *Ormoni nelle carni*. <https://www.issalute.it/index.php/la-salute-dalla-a-alla-z-menu/o/ormoni-nelle-carni>

Konstantinos Giannakas, Amalia Yiannaka. 2023. Frode alimentare: cause, conseguenze e strategie di deterrenza. *Revisione annuale dell'economia delle risorse*. 15:85-104. <https://doi.org/10.1146/annurev-risorsa-101422-013027>

Manning L, Kowalska A. 2021. Considerando la vulnerabilità delle frodi associata a prodotti basati su credenziali come alimenti biologici. *Alimenti* 10:81879

MASAF. *Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste*. <https://www.masaf.gov.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/14814>

MASAF. *Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste*. <https://www.masaf.gov.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/394>

Mavani N.R., Ali J.M., Othman S., Hussain M.A., Hashim H., Rahman N.A. *Application of Artificial Intelligence in Food Industry: A Guideline*. *Food Engineering Reviews*. 2022;14(1):134-175

Ministero della Salute. (2010). *Frodi, adulterazione, alterazione, contraffazione e pericolosità degli alimenti*. https://www.salute.gov.it/resources/static/ministero/usmaf/Polizia_Sanitaria_aprile_2010/NAS_Frodi_adulterazione_alterazione_contraffazione_pericolosita_nocivita_USMAF.pdf

Pacchetto Igiene. *Normativa europea sulla sicurezza alimentare*.

Patel A.S., Brahmbhatt M.N., Bariya A.R., Nayak J.B., Singh V.K. *Blockchain Technology in Food Safety and Traceability of Livestock Products*. *Heliyon*. 2023;9(6):e16526.

Patel AS, Brahmbhatt MN, Bariya AR, Nayak JB, Singh VK. "Tecnologia blockchain nella sicurezza alimentare e nella tracciabilità dei prodotti di bestiame". *Heliyon*. 2023 21 maggio;9(6):e16526. PMID: 37265625; PMCID: PMC10230213.

Raffone F., *Il sistema sanzionatorio penale e le intersezioni col sistema dei controlli: diffida, prescrizione estintiva e altri strumenti di estinzione del reato*, in P. Borghi, L. Costantino, eds., *I controlli ufficiali nella filiera agroalimentare*, Giappichelli, 2026, pp. 85-107

Raffone F., *Le frodi in commercio e la tutela del Made in Italy*, in F. Diamanti, a cura di, *Alimenti e diritto penale. Quale futuro?*, Jovene, 2026, 171 ss.

Spink, J., & Moyer, D. C. (2011). Defining the public health threat of food fraud. *Journal of Food Science*, 76(9), R157–R163.

Spink, J., Ortega, D. L., Chen, C., & Wu, F. (2017). Food fraud prevention shifts the food risk focus to vulnerability. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 215–220.

Spink J., *Food Fraud Prevention*, Springer, Cham, 2019.

Supply Chain Management: An International Journal. (2021). *Volume 26*(5), 565–578.

Wang, L.J.; Ren, R.R.; Zhu, A.Q.; Li, B.X.; Zhu, Z.W.; Gong, L. Application of DNA Barcoding Technology in Authenticity Identification of Common Barbecue Meats. *J. South. Agric.* 2025, 56, 1305–1314.

Xiu C, Klein KK. 2010. Melamina nei prodotti lattiero-caseari in Cina: esaminare i fattori che hanno portato all'uso deliberato del contaminante. *Politica alimentare* 35:5463–70

Zakharov S, Pelclova D, Urban P, Navratil T, Diblik P et al. 2014. Epidemia di metanolo di massa ceca 2012: epidemiologia, sfide e caratteristiche cliniche. *Clin. Tossico.* 52:101013–24

SITOGRAFIA

Allevamento, macellazione, trattamento e distribuzione delle carni.

https://impresasicura.org/sites/alimentazione/wp-content/uploads/alimentazione_doc/carne/Capitolo_2.pdf

Carabinieri. *Le frodi commerciali in ambito agroalimentare: L'illegal blending dell'olio d'oliva, un caso studio.* <https://www.carabinieri.it/media---comunicazione/silvae/la-rivista/aree-tematiche/agricoltura-e-alimentazione/le-frodi-commerciali-in-ambito-agroalimentare-l-illegal-blending-dell-olio-d-oliva-un-caso-studio>

Classificazione dei sottoprodotti di origine animale.
<https://flipsart.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/11/classificazione.pdf>

Comando Carabinieri per la tutela della salute. *Attività e organizzazione.*
<https://www.carabinieri.it/chi-siamo/oggi/organizzazione/mobile-e-speciale/comando-carabinieri-per-la-tutela-della-salute>

Residui di farmaci negli alimenti.

<https://www.izsvenezie.it/temi/sostanze-contaminanti/residui-farmaci/>

Rischio chimico negli alimenti.

<https://www.izsvenezie.it/temi/alimenti-sicuri/rischio-chimico/>

Rapid and Sensitive Approaches for Detecting Food Fraud: Prospects and Challenges.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814624014675>

Reg. CE 178/2002: Sicurezza alimentare.

ResearchGate. *Food quality and food safety.*
https://www.researchgate.net/publication/399594803_Food_Quality_and_Food_Safety

Rivista di diritto alimentare. Anno XII, numero 2 • Aprile-Giugno 2018

Rivista diritto alimentare. Anno VIII, numero 1 • Gennaio-Marzo 2014

Studio sull'applicazione delle tecniche PCR per l'identificazione di specie nei prodotti carnei.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429225007448>

Studio sulle tecniche analitiche applicate alla sicurezza alimentare e autenticazione dei prodotti.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1125471824007710>

Tecnologie intelligenti e sistemi di AI per il controllo qualità delle carni.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996922012728>

Tracciabilità e sicurezza alimentare nelle produzioni di origine animale. Italian Journal of Animal Science. 2008.

Defining the Public Health Threat of Food Fraud

Journal of Food Science

November 2011 76(9):R157-63 Disponibile su: DOI:10.1111/j.1750-3841.2011.02417.x

EUIPO (Intelletto UE. Prop. Spento.) 2016. *Violazione delle indicazioni geografiche protette per vino, liquori, prodotti agricoli e prodotti alimentari nell'Unione europea* Rep. EU Intelletto. Prop. Spento. Alicante, Spagna: Disponibile su: <https://euipo.europa.eu/tunnel->

[web/secure/webdav/guest/document_library/observatory/documents/Geographical_indications_report/geographical_indications_report_en.pdf](https://euipo.europa.eu/tunnel-web/secure/webdav/guest/document_library/observatory/documents/Geographical_indications_report/geographical_indications_report_en.pdf)

FAO (Food Agric. Organo.) 2021. *Frode alimentare: intenzione, rilevamento e gestione. Toolkit tecnico per la sicurezza alimentare per l'Asia e il Pacifico* Rep. 5 Food Agric. Organo. Bangkok Disponibile su: <https://www.fao.org/documenti/card/en/c/cb2863en/>

<https://www.europol.europa.eu/operations-services-and-innovation/operations/operation-opson?utm>

https://food.ec.europa.eu/food-safety/eu-agri-food-fraud-network_en?prefLang=bg&utm