



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali E
Ambientali

Dipartimento di Medicina Animale, Produzioni E Salute

Corso di laurea in Scienze e Tecnologie Alimentari

FRODI ALIMENTARI IN SPEZIE E ERBE AROMATICHE

Relatore
Prof. Paolo Catellani

Laureando
Matteo Bixio

Matricola n. 1220848

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

INDICE

RIASSUNTO.....	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUZIONE	7
1.1. Mercato di spezie e erbe aromatiche	7
1.2. Vulnerabilità di spezie e erbe aromatiche alle frodi	8
2. FRODI CHE COINVOLGONO SPEZIE E ERBE AROMATICHE	11
2.1. Piano di controllo coordinato UE	11
2.1.1. Erbe e spezie incluse nel PCC	12
2.1.2. Risultati PCC	14
2.2. spezie e erbe aromatiche maggiormente coinvolte in episodi fraudolenti	18
2.2.1. Pepe nero	19
2.2.2. Vaniglia	20
2.2.3. Zafferano	22
2.2.4. Origano	23
2.2.5. Paprika.....	24
3. METODI ANALITICI COMUNI PER RILEVARE FRODI DI SPEZIE E ERBE AROMATICHE	26
3.1. Spettroscopia	28
3.2. Spettrometria di massa	30
3.3. Tecniche basate sul DNA	31
3.3.1. <i>DNA barcoding</i>	32
3.3.2. <i>Polymerase chain reaction (PCR)</i>	33
3.3.3. Sequenziamento di nuova generazione (NGS)	34
4. AZIONI DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO PER LE FRODI DI ERBE E SPEZIE	36
4.1. Misure preventive	36
4.1.1. Comprensione della tipologia di prodotto	37
4.1.2. Comprensione delle vulnerabilità nella catena di approvvigionamento	38
4.1.3. Garanzia del fornitore	39
4.2. Misure di verifica e rilevazione	41
4.3. Sviluppo della strategia di mitigazione del rischio	41
4.3.1. Esempio illustrativo: implementazione di un piano strategico di mitigazione	44
4.4. Ruolo del partenariato pubblico-privato.....	47
5. CONCLUSIONI	49
BIBLIOGRAFIA	51

RIASSUNTO

Spezie e erbe aromatiche hanno un alto valore economico e la loro catena di approvvigionamento è lunga, complessa e globalizzata. Questi elementi rendono questa merce un alimento estremamente vulnerabile alle frodi alimentari.

Erbe e spezie sono apprezzate fin dai tempi antichi per il loro uso multiforme e per le molteplici proprietà sfruttate non solo per dare sapore o colore agli alimenti ma anche nel campo dei cosmetici, farmaci, integratori alimentari e nella conservazione degli alimenti. Data questa popolarità per il loro utilizzo, dovuta anche a nuovi stili di vita e alle sempre più presenti influenze interculturali, la domanda di questi alimenti di nicchia in tutto il mondo è in costante crescita e non è sempre semplice per l'offerta mantenere il passo. Questa situazione che influisce sull'aumento dei prezzi di erbe e spezie e quindi anche sul potenziale guadagno economico di chi le produce, incrementa ulteriormente la vulnerabilità di erbe e spezie a manipolazioni fraudolente, che sono sempre più attuali.

Per ridurre le opportunità di frode è ottimale che le autorità governative e l'industria alimentare cooperino in modo multidisciplinare e coordinato per sviluppare strategie di prevenzione e gestione delle frodi alimentari riguardanti questi prodotti altamente vulnerabili.

Il presente elaborato fornisce una panoramica delle sfide legate alla frode alimentare che esistono all'interno delle materie prime di erbe e spezie. Verranno discussi diversi esempi di frode su erbe e spezie per mostrare i principali fattori di frode alimentare all'interno della merce specifica e quali erbe e spezie sono maggiormente coinvolte in questi fenomeni. Si esamineranno i metodi analitici più diffusi e utilizzati per rilevare le principali frodi effettuate su spezie e erbe aromatiche, principalmente riguardanti: coloranti non autorizzati, sostanze botaniche non dichiarate e riempitivi inorganici. Verranno trattati meriti e demeriti di ogni tecnica e le sfide legate alle loro applicazioni nell'autenticazione di spezie e erbe. Infine, verrà osservata l'intera filiera per cercare i punti deboli che incrementano la suscettibilità di questi prodotti alle frodi, valutando possibili mezzi di prevenzione e mitigazione del rischio che possono essere intrapresi per ridurre la vulnerabilità alle frodi all'interno delle catene di approvvigionamento.

ABSTRACT

Spices and herbs have a high economic value and their supply chain is long, complex and globalised. These elements make this commodity an extremely vulnerable food to food fraud.

Herbs and spices have been appreciated since ancient times for their multifaceted use and for the multiple properties exploited not only to give flavor or color to food but also in the field of cosmetics, medicines, food supplements and food preservation. Given this popularity for their use, also due to new lifestyles and increasingly present intercultural influences, the demand for these niche foods all over the world is constantly growing and it is not always easy for the offer to keep up. This situation, which affects the increase in the prices of herbs and spices and therefore also the potential economic gain of those who produce them, further increases the vulnerability of herbs and spices to fraudulent manipulations, which are increasingly current.

To reduce the opportunities for fraud it is optimal that government authorities and the food industry cooperate in a multidisciplinary and coordinated way to develop food fraud prevention and management strategies concerning these highly vulnerable products.

This paper provides an overview of the food fraud challenges that exist within herb and spice commodities. Several examples of herb and spice fraud will be discussed to show the main drivers of food fraud within the specific commodity and which herbs and spices are most involved in these phenomena. We will examine the most widespread and used analytical methods to detect the main frauds carried out on spices and aromatic herbs, mainly concerning: unauthorized dyes, undeclared botanical substances and inorganic fillers. The merits and demerits of each technique and the challenges associated with their applications in spice and herb authentication will be covered. Finally, the entire supply chain will be observed to look for weaknesses that increase the susceptibility of these products to fraud, evaluating possible means of prevention and risk mitigation that can be undertaken to reduce vulnerability to fraud within the supply chains.

1. INTRODUZIONE

Spezie e erbe aromatiche sono molto utilizzate ed apprezzate, fin dal passato, per i sapori e i colori che aggiungono agli alimenti. Oltre per aromatizzare il cibo, il loro utilizzo ha avuto, fin dall'antichità, anche scopi terapeutici, grazie a proprietà benefiche, quali effetti analgesici, antiossidanti, batteriostatici, ecc. (Giacometti, 2018).

Con il termine spezia o erba culinaria ci si riferisce a “qualsiasi materiale vegetale aromatico proveniente da regioni temperate, utilizzato in quantità minori per aromatizzare cibi e bevande, ma che ha poco o nessun valore nutritivo noto” (Inoue e Craker, 2014).

Le spezie e le erbe aromatiche sono ottenute da varie parti delle piante. Le erbe, come l'origano, il prezzemolo e la menta, sono foglie che vengono raccolte dalle rispettive piante. Le spezie comuni rappresentano diverse parti della pianta, inclusi semi, steli, bacche, frutti, radici e corteccia. Ad esempio, la cannella si ottiene dalla corteccia di un albero sempre verde (*Cinnamomum verum*), mentre i chiodi di garofano sono i boccioli dei fiori di un albero della Famiglia delle Mirtacee (*Syzygium aromaticum*) (Hoffman et al., 2021).

1.1. Mercato di spezie e erbe aromatiche

Coltivate in varie regioni del mondo, le spezie e le erbe aromatiche sono state da sempre una preziosa merce di scambio. Il loro commercio sostiene un mercato globale di consumatori che cercano questi ingredienti a base vegetale allo scopo di aggiungere sapore agli alimenti, fornire benefici per la salute e preservare il cibo. Secondo i dati FAO del 2018, nel mondo sono state prodotte oltre 2,8 milioni di tonnellate di spezie diverse (FAO, 2018), con 2,69 miliardi di dollari nel commercio globale (OEC, 2018).

In UE le erbe e le spezie culinarie sono vendute in tre principali mercati: l'industria di trasformazione alimentare che è il principale utilizzatore (70-80%), seguita dalla vendita al dettaglio (15-25%) e dal settore dei servizi alimentari come catering e servizi di ristorazione (5-10%) (CBI, 2015a).

La domanda europea di erbe e spezie sta aumentando sia grazie alle sempre maggiori contaminazioni culinarie che hanno portato a un crescente interesse per i nuovi gusti derivanti dalle cucine etniche, in particolare per la cucina dell'Asia orientale, sia per una maggiore sensibilità nel condurre una vita sana.

Molte spezie ed erbe sono associate alle indicazioni sulla salute e vengono utilizzate per promuovere prodotti come “naturali”. Spinti dal desiderio di avere “etichette pulite” per soddisfare al meglio le aspettative dei consumatori attenti alla salute, si è sviluppata una tendenza tra gli operatori del settore alimentare ad utilizzare nei propri prodotti ingredienti naturali invece di additivi di sintesi. La disponibilità dei consumatori a pagare un prezzo maggiorato per un prodotto più naturale ha modificato le dinamiche dei vari mercati aumentando la domanda di erbe e spezie naturali.

Oltre al loro uso come condimento per scopi culinari, erbe e spezie (o i loro estratti o oli essenziali) sono utilizzate nelle industrie farmaceutiche e cosmetiche e sono l'ingrediente principale di molti integratori alimentari e farmaci da banco. Anche il settore degli additivi per mangimi sta diventando un mercato redditizio per le applicazioni di erbe e spezie (Maquet et al., 2021).

Dato il loro uso multiforme e data questa popolarità per il loro utilizzo sembra difficile immaginare che l'offerta tenga il passo con la domanda futura di erbe e spezie in tutto il mondo; pertanto, i prezzi aumenteranno ed è plausibile pensare che gli episodi di frode legati a questa merce saranno sempre più frequenti. (CBI, 2016).

L'Europa produce circa 100.000 tonnellate di erbe e spezie all'anno (solo il 2% della produzione mondiale) e ne importa oltre il triplo. Nel 2019 nei paesi dell'UE le importazioni da paesi extra UE di erbe e spezie ammontavano a 379.000 tonnellate, con una lenta ma costante crescita del mercato (Maquet et al., 2021).

Il volume delle importazioni di erbe aromatiche e spezie nell'UE è cresciuto del 3,8% tra il 2010 e il 2014, mentre il valore delle importazioni nello stesso periodo è aumentato del 10%. L'aumento dei prezzi non ha influito sul volume delle importazioni, che non è mai diminuito (CBI, 2015a).

In Asia viene prodotto l'81% della produzione mondiale di erbe e spezie, in Africa il 12% e in America Latina e nei Caraibi il 3,7%, mentre in Nord America e Oceania meno dello 0,1%. La Cina è il principale fornitore dell'UE (35% delle importazioni totali dall'esterno dell'UE), seguita da India (17%), Vietnam (11%), Indonesia (6,9%), Brasile (5%) e Perù (2,6%) (CBI, 2015a).

1.2. Vulnerabilità di spezie e erbe aromatiche alle frodi

Gran parte della vulnerabilità di erbe e spezie alle frodi è dovuta al fatto che la loro catena di approvvigionamento è lunga, complessa e globalizzata.

Il clima europeo non consente la coltivazione di specie vegetali utilizzate per la produzione di spezie, ad eccezione della paprika essiccata e del peperoncino, alcune erbe invece vengono prodotte direttamente in Europa (Maquet et al., 2021).

La maggior parte delle spezie viene prodotta in paesi in cui alcuni processi di post-raccolta come l'essiccazione e la pulizia possono avvenire prima che il prodotto venga spedito nel paese di importazione dove le spezie verranno ulteriormente pulite e trattate prima di essere confezionate e distribuite ad altre attività alimentari o per il consumo al dettaglio. La lavorazione di questi prodotti consente ai fornitori dei paesi in via di sviluppo di aggiungere valore e aumentare i margini di guadagno dei loro prodotti. Tuttavia, c'è una certa riluttanza ad acquistare tali erbe e spezie trasformate, poiché più spesso il materiale viene trasferito da un operatore all'altro più il rischio di opportunità di manipolazioni fraudolente aumenta (CBI, 2015a).

L'Asia essendo il più grande produttore mondiale di erbe e spezie e possedendo un ampio mercato interno, possiede maggiori possibilità per investire in tecniche di lavorazione, nonostante ciò, le società europee continuano a dominare il mercato delle erbe e delle spezie trasformate (CBI, 2015a). La maggior parte del commercio intra-UE di spezie consiste in riesportazioni originarie di paesi extra-UE.

Il viaggio delle erbe e delle spezie attraverso la catena di approvvigionamento inizia in vari luoghi del mondo, che generalmente dipendono da condizioni di coltivazione specifiche. In molti casi, le spezie vengono prodotte in paesi economicamente sottosviluppati e spesso vengono coltivate su scala di sussistenza, il che crea ulteriori complessità, in quanto la tentazione di aumentare i guadagni mediante comportamenti scorretti è maggiore.

Le località di origine e le regioni di coltivazione di erbe e spezie sono molto favorevoli ai piccoli coltivatori, per i quali una piccola quantità di terra può produrre una resa commerciabile molto apprezzabile (FAO, 2011),

per questo motivo i coltivatori di spezie devono scegliere le colture che offrono la migliore opportunità per guadagnarsi da vivere. Inoltre, molte aree in cui prosperano specifiche spezie si trovano in paesi o regioni che si trovano ad affrontare situazioni di instabilità politica ed economica, che porta alla corruzione e ad altri fattori che possono creare le condizioni favorevoli ad attività fraudolente (Hoffman et al., 2021).

Una volta cresciuto, il raccolto può essere trasferito attraverso vari paesi fino a raggiungere il mercato previsto. Le spezie e le erbe aromatiche possono attraversare durante la filiera una serie di raccoglitori, intermediari, commercianti, agenti, esportatori e trasformatori prima di raggiungere la loro destinazione finale con il consumatore. Questa moltitudine di soggetti intermediari nella catena di approvvigionamento moltiplica le opportunità di pratiche scorrette e/o fraudolente (Maquet et al., 2021).

L'aumento della domanda di erbe e spezie, unitamente all'aumento dei loro prezzi, sono due motivazioni che non possono essere ignorate come possibili cause delle frodi all'interno del mercato di spezie e erbe aromatiche, in quanto il fattore più importante per l'adulterazione è sempre il guadagno economico (CBI, 2015b).

Insieme alle questioni di sicurezza alimentare come i pericoli microbiologici, chimici e fisici nella catena alimentare, la minaccia di frode è una preoccupazione sempre più rilevante nel crescente settore delle erbe e delle spezie e vi è dunque la necessità di combattere il sempre più attuale rischio legato a questo fenomeno (Bouzembrak & Marvin, 2016).

La frode alimentare rappresenta un "termine collettivo utilizzato per comprendere la sostituzione deliberata e intenzionale, l'aggiunta, la manomissione o la presentazione errata di alimenti, ingredienti alimentari o imballaggi alimentari; o dichiarazioni false o fuorvianti fatte su un prodotto, a scopo di lucro" (Spink & Moyer, 2011).

L'adulterazione o la sofisticazione di erbe e spezie non sono un concetto nuovo. L'attività commerciale fraudolenta documentata a scopo di lucro risale a secoli fa. Ad esempio, nel Medioevo, le spezie importate erano piuttosto preziose e spesso scambiate al posto della valuta. A causa dei prezzi elevati e delle scorte limitate, i mercanti spesso adulteravano le spezie con numerosi sostituti economici come gusci di noci, noccioli, semi, bacche di ginepro, segatura, pietre o polvere (Stone, 1964).

Un'altra definizione identifica la frode agroalimentare come "ogni sospetta azione intenzionale da parte di imprese o privati al fine di ingannare gli acquirenti e trarne indebito vantaggio, in violazione delle norme di cui all'articolo 1, comma 2, del Regolamento (UE) 2017/625 (normativa sulla filiera agroalimentare)".

Nel settore delle erbe e delle spezie, le manipolazioni fraudolente includono, ma non sono limitate a (ESA, 2018a):

- ingredienti, additivi, coloranti o qualsiasi altro costituente non approvato per l'uso in alimenti e/o erbe e spezie;
- ingredienti, additivi, coloranti o qualsiasi altro costituente approvato per l'uso negli alimenti ma illecitamente non dichiarato o indicato in una forma che possa trarre in inganno il cliente;
- spezie o erbe aromatiche a cui è stato omesso o rimosso qualsiasi costituente di valore che fuorvia il cliente (es. spezie ed erbe esaurite e parzialmente esaurite, materiale disoleato, materiale sgrassato);

- una parte diversa della stessa pianta botanica, piuttosto che quella dichiarata in misura tale da trarre in inganno il cliente;
- quantità tecnicamente evitabili di parti di piante botaniche diverse da quella dichiarata.

Coloro che commettono il reato di solito non vogliono causare un rischio per la salute pubblica, ma vogliono passare inosservati e continuare con il loro guadagno economico, per questo motivo può risultare difficile misurare il verificarsi di frodi alimentari, poiché è improbabile che il consumatore si accorga che il prodotto che ha acquistato è stato oggetto di frode (Johnson, 2018). La frode alimentare può dunque continuare a verificarsi inosservata fino a quando non si verifica un incidente di salute pubblica; tuttavia, la frode alimentare non è mai un "crimine senza vittime" (Elliott, 2014) perché un danno economico è sempre presente e a subirlo può essere direttamente il consumatore o indirettamente l'industria alimentare attraverso la perdita di fiducia da parte degli acquirenti.

In questi casi si parla di "adulterazione motivata economicamente" (EMA), un termine compreso all'interno del termine più ampio "frode alimentare" (Spink & Moyer, 2011) che è stato definito dalla Food and Drug Administration (FDA) statunitense come "la sostituzione o l'aggiunta fraudolenta e intenzionale di una sostanza in un prodotto allo scopo di aumentare il valore apparente del prodotto o di ridurre il costo di produzione, cioè per un guadagno economico" (FDA, 2009). Le erbe e le spezie sono prodotti preziosi e poiché c'è incentivo maggiore ad adulterare prodotti alimentari più costosi con alternative più economiche (Lakshmi, 2012), questi prodotti sono sicuramente ad alto rischio di adulterazioni motivate economicamente.

L'atto di adulterare prodotti alimentari, seppur compiuto con motivazioni economiche o finanziarie, può comunque avere un effetto che spesso può portare involontariamente ad una minaccia per la salute pubblica (Spink & Moyer, 2011).

Oltre ai fattori di cui è stato già discusso, ovvero catene di approvvigionamento complesse e globali, e levata domanda, offerta limitata e valore elevato, c'è un altro elemento che contribuisce a rendere le erbe e le spezie vulnerabili alle frodi cioè che molte spezie ed erbe intere, dopo la raccolta, vengono macinate in particelle più fini per renderle pronte all'uso. Le erbe e le spezie frantumate, macinate o in formato polverulento generalmente hanno una maggiore suscettibilità a comportamenti scorretti perché la miscelazione di materiali estranei o qualitativamente inferiori può più facilmente passare inosservata ad occhio nudo (Hoffman et al., 2021). A livello di consumatore, potrebbe dunque non essere possibile identificare visivamente le caratteristiche di erbe e spezie.

L'insieme di tutti questi fattori generano un'elevata probabilità di pratiche scorrette, alcune delle quali con importanti rischi per la salute (ad esempio la sostituzione o addizione non dichiarata di un'erba o spezia con un prodotto allergenico o l'esaltazione del colore con coloranti non autorizzati), per questo motivo ogni situazione in cui è prevedibile la possibilità di comportamenti fraudolenti non può essere sottovalutata, e devono essere svolte azioni atte a prevenire e mitigare questi fenomeni.

2. FRODI CHE COINVOLGONO SPEZIE E ERBE AROMATICHE

Nel corso degli anni, vari eventi di frodi si sono verificati nelle categorie di erbe e spezie, con un'incidenza evidente su erbe e spezie particolari. Sebbene l'adulterazione e la sofisticazione possa verificarsi in una qualsiasi delle erbe e spezie presenti sul mercato, alcune spezie ed erbe aromatiche sono state implicate in incidenti di frode con maggiore frequenza (Hoffman et al., 2021).

In questo capitolo verranno trattati alcuni degli incidenti di frode che si verificano più comunemente in queste erbe e spezie.

Le spezie sono state citate nella risoluzione del Parlamento europeo del 14 gennaio 2014 sulla crisi alimentare, le frodi nella catena alimentare e il loro controllo, tra le merci più vulnerabili alle frodi (*European Parliament resolution*, 2014). Le autorità francesi (*Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes*) hanno indagato nel 2019 su anomalie nel mercato interno delle spezie e hanno riscontrato irregolarità nel 26,4% dei 138 campioni (cumino, curcuma, paprika/peperoncino, origano, pepe, zafferano).

Questi report segnalano che nel mercato europeo è frequente la presenza di erbe e spezie che non soddisfano i requisiti stabiliti dal regolamento (CE) n. 178/2002. Le azioni fraudolente nella gran parte dei casi non vengono rilevate, a causa dell'assenza o limitatezza delle attività di controllo in molti Stati membri dell'UE relative all'autenticità di erbe e spezie (Maquet et al., 2021).

Pertanto, preso atto delle conclusioni del Consiglio del 16 dicembre 2019 (*Council of the European Union*, 2019) è stato ideato un piano di controllo coordinato per determinare l'incidenza di non conformità e pratiche illegali nella commercializzazione di erbe e spezie nello Spazio economico europeo (Maquet et al., 2021).

2.1. Piano di controllo coordinato UE

La Commissione europea, a seguito di molteplici studi, ha preso atto della presenza di erbe e spezie contraffatte all'interno del mercato europeo e ha organizzato un piano di controllo coordinato tra i vari Stati membri, invitandoli a campionare determinate tipologie di erbe e spezie e a inviarle al Centro comune di ricerca (CCR) per le relative analisi. Scopo del progetto era quantificare la presenza di non conformità e verificare la prevalenza dei diversi metodi illeciti di contraffazione.

Sono stati inviati al Centro comune di ricerca 1900 campioni da ventuno Stati membri UE, più Norvegia e Svizzera. Quindici campioni non sono stati considerati e analizzati perché non rientravano nell'ambito del PCC in quanto comprendevano: miscela di spezie, estratto di spezie, attribuzione errata.

Sono state eseguite circa 10.000 analisi, impiegando una moltitudine di tecniche analitiche innovative per valutare l'autenticità e la purezza dei campioni presentati dai diversi stati membri. Il PCC ha preso in considerazione cumino, curcuma, origano, paprika/peperoncino, pepe e zafferano, per il fatto che queste particolari erbe/spezie erano le più soggette a manipolazioni e pratiche illecite.

Il piano di controllo coordinato dell'UE rappresenta la più ampia indagine sull'autenticità delle erbe e spezie culinarie in termini di paesi partecipanti e numero di analisi (Maquet et al., 2021).

Nella tabella 1 è riassunto per paese il numero di campioni analizzati, suddivisi in cumino, curcuma, origano, pepe, paprika/peperoncino e zafferano.

Tabella 1. Campioni di erbe e spezie inclusi nel piano di controllo coordinato (Maquet et al., 2021).

	Numero di campioni						
	Analizzato	Cumino	Curcuma	Origano	Paprika/Peperoncino	Pepe	Zafferano
Austria	70	4	12	14	15	13	12
Belgio	98	19	20	15	17	21	6
Croazia	70	12	13	14	15	11	5
Cipro	20	4	5	2	4	5	0
Danimarca	95	19	15	11	30	19	1
Francia	141	24	28	25	28	23	13
Germania	156	15	26	25	47	36	7
Grecia	90	17	16	18	19	15	5
Ungheria	95	14	16	16	31	17	1
Irlanda	63	11	10	10	11	12	9
Italia	99	10	21	16	19	27	6
Lettonia	54	7	9	6	14	17	1
Lituania	54	10	10	6	15	9	4
Lussemburgo	48	7	10	5	10	11	5
Malta	20	3	3	2	7	3	2
Norvegia	16	0	0	8	8	0	0
Polonia	93	9	19	20	25	18	2
Portogallo	111	19	20	11	29	30	2
Romania	119	4	18	19	34	44	0
Slovenia	50	1	8	7	15	16	3
Spagna	143	15	10	19	35	29	35
Svezia	87	12	12	13	17	27	6
Svizzera	93	14	15	13	17	18	16
TOTALE	1885	250	316	295	462	421	141

La distribuzione delle erbe e spezie nel totale dei campioni è risultata ben equilibrata; solo lo zafferano, che è una spezia costosa ma meno utilizzata, era rappresentato in misura minore.

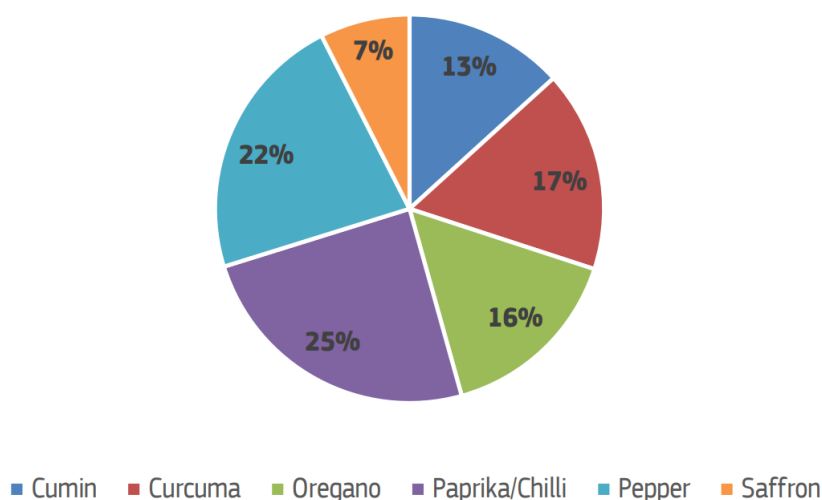
2.1.1. Erbe e spezie incluse nel PCC

Le erbe e le spezie sono un gruppo di prodotti molto eterogeneo; pertanto, è stata effettuata una selezione tenendo conto del valore commerciale e della storia di casi di frode. Le seguenti sei tra spezie e erbe culinarie sono state incluse nel PCC:

- Cumino (*Cuminum cyminum*)
La storia delle frodi include la presenza di mahaleb, una specie strettamente imparentata con le mandorle e altri agenti di carica come gusci di arachidi e gusci di mandorle.
- Curcuma (*Curcuma longa*)
Ampiamente usata come spezia ma anche nella medicina ayurvedica. La storia delle frodi include l'utilizzo di coloranti azoici per vivacizzarne il colore e l'estensione con riempitivi (farina di mais o di riso, ecc.) o con materiali inorganici (gesso, cromato di piombo).
- Origano (*Origanum vulgare*)
Tipica erba del Mediterraneo, di uso molto comune. La storia delle frodi include la sostituzione parziale con foglie di olivo, sommacco e mirto.
- Paprika/Peperoncino (*Capsicum annuum*)
Vulnerabilità dovuta all'elevato volume di importazione e alto valore economico. La storia delle frodi include l'aumento illegale del colore con coloranti azoici e l'estensione con bucce di pomodoro.
- Pepe (*Piper nigrum*)
Il più alto volume di importazione tra le spezie nell'UE e l'alto valore economico. La storia delle frodi include la sostituzione di grani di pepe interi e pepe macinato con semi di papaia e l'estensione del pepe macinato con riempitivi.
- Zafferano (*Crocus sativus*)
La spezia più costosa e frequentemente adulterata mediante l'aumento del colore con coloranti azoici e la sostituzione con altri prodotti botanici (cartamo, altre specie del genere *Crocus*).

In Figura 1 è riportata la distribuzione percentuale dei campioni delle erbe e delle spezie oggetto del piano di controllo coordinato.

Figura 1: Distribuzione percentuale di erbe e spezie nel pannello campionario del piano di controllo coordinato (Maquet et al., 2021).



Le autorità competenti hanno attuato questo piano di controllo coordinato verificando la tracciabilità e l'etichettatura delle erbe e spezie selezionate attraverso controlli documentali e fisici, compreso il campionamento per analisi di laboratorio.

Il piano di campionamento ha dato la priorità ai primi punti di controllo possibili della catena alimentare (l'80% dei campioni è stato prelevato ai posti di controllo frontaliери, produttori, importatori e grossisti, stabilimenti di stoccaggio/trasformazione/confezionamento) e lungo la fine della catena (20% dei campioni a livello di distribuzione e vendita al dettaglio).

La strategia di campionamento mirava a esaminare erbe e spezie nei formati che sono più suscettibili a pratiche fraudolente come prodotti frantumati, macinati e in polvere.

Le attività di sperimentazione si sono concentrate sulla rilevazione di:

- valorizzazione del colore tramite additivi non autorizzati (es. coloranti sintetici);
- sostituzione dell'erba/spezia nominata con altro materiale botanico;
- l'estensione per aggiunta di cariche (es. amido, farina, polvere, gesso, ecc.).

Altri tipi di frode come la descrizione errata dell'origine o del sistema di produzione agricola (convenzionale/biologico) o il trattamento di conservazione (radiazioni ionizzanti) non facevano parte del PCC.

2.1.2. Risultati PCC

In totale sono state effettuate dal CCR 9926 analisi su 1885 campioni. Tutti i campioni di curcuma, paprika/peperoncino, pepe e zafferano presentati dagli Stati membri, per un totale di 1340 campioni, sono stati analizzati mediante cromatografia liquida ad alte prestazioni accoppiata a spettrometria di massa ad alta risoluzione (HPLC-HRMS) per ricercare la presenza di coloranti sintetici non autorizzati (Tabella 2).

I risultati delle analisi hanno dimostrato un tasso complessivo di sofisticazione delle spezie con coloranti non autorizzati del 2% (25 campioni su 1340).

Tabella 2: Presenza di coloranti sintetici non autorizzati in erbe e spezie (Maquet et al., 2021).

	Numero di campioni		
	Analizzato	Contenente coloranti non autorizzati	% contenente coloranti non autorizzati
Curcuma	316	3	0.9
Paprika/peperoncino	462	10	2.2
Pepe	421	0	0.0
Zafferano	141	12	8.5

Una combinazione di metodi basati sul DNA e metodi basati sulla composizione chimica, ovvero *fingerprinting* mediante HPLC-HRMS, FT-IR e ED-XRF e la determinazione delle ceneri mediante TGA, sono stati utilizzati per decidere se un campione era sospetto di sofisticazione o adulterazione.

Sono stati analizzati mediante *digital droplet PCR* (ddPCR) 1885 campioni per valutare la presenza di materiali botanici dichiarati, 1460 campioni sono stati sottoposti a meta-codifica mediante sequenziamento di nuova generazione (NGS) per creare una panoramica delle specie presenti in un campione e sono stati eseguiti 647 test di *PCR real time* (rt-PCR) specie-specifici per confermare la presenza di una specie vegetale non dichiarata e approssimarne la quantità.

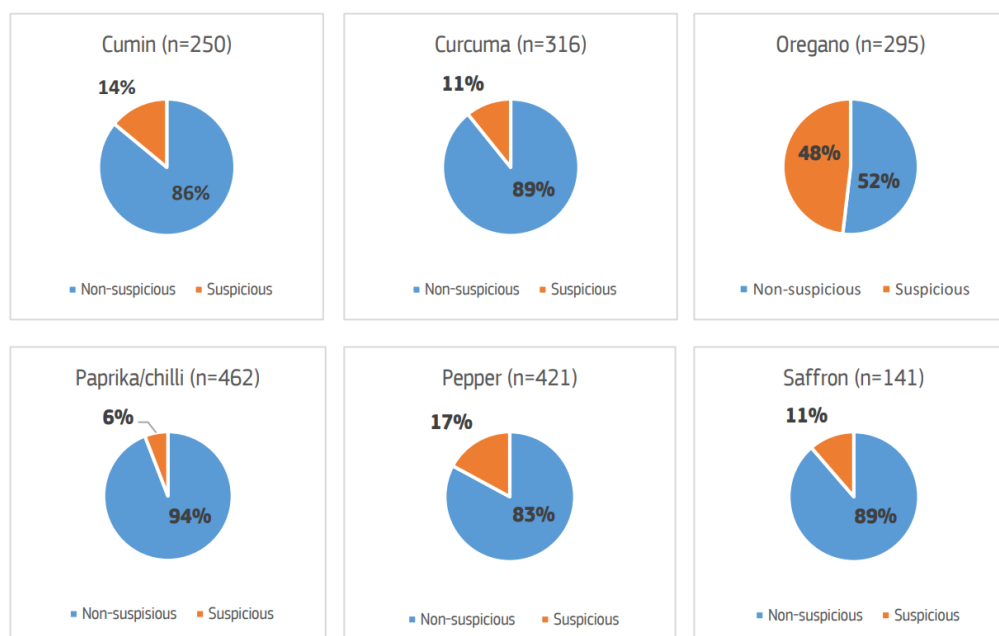
La valutazione dell'autenticità delle erbe e delle spezie culinarie va oltre la questione se la specie nominata sia presente, ma cerca di rispondere a quanto delle specie nominate costituisca il campione; cioè, quanto è 'puro' il campione.

Non esistendo un quadro normativo dell'UE con disposizioni specifiche per l'autenticità e la purezza di erbe e spezie, le norme ISO pertinenti, in particolare le disposizioni per le sostanze estranee e le ceneri totali, hanno costituito la base per la valutazione dell'autenticità di erbe e spezie.

Il tasso di campioni sospetti di frode è stato del 17% in tutti i campioni inclusi nel PCC (323 su 1885 campioni analizzati), inferiore a quanto atteso.

La figura 2 fornisce una suddivisione in base al tipo di spezia/erba dei campioni dichiarati sospetti.

Figura 2: Proporzione di campioni di erbe e spezie trovati sospetti di adulterazione (Maquet et al., 2021).



La filiera dell'origano si è rivelata la più vulnerabile in quanto il 48% dei campioni di origano analizzati è risultato essere sospetto di sofisticazione. Per il pepe la percentuale di campioni sospetti era del 17%, per il cumino del 14%, per la curcuma e per lo zafferano dell'11%. La percentuale di sospetto più bassa è stata riscontrata per paprika/peperoncino, attorno al 6%.

Di seguito è riportata un'analisi più dettagliata dei tipi di adulterazioni e sofisticazioni rilevate nelle sei diverse erbe e spezie oggetto del piano di campionamento:

- Cumino

Con il nome volgare “cumino” nella maggior parte degli stati membri si intende *Cuminum cyminum*, una pianta erbacea annuale appartenente alla famiglia delle Apiaceae, mentre in alcuni Stati membri viene venduto come cumino *Carum Carvi*, chiamato volgarmente “cumino dei prati”. Ciò può creare confusione se il nome scientifico della spezia non viene riportato sull'etichetta o sul documento di accompagnamento.

Dei 254 campioni ricevuti, quattro erano etichettati come *Carum Carvi* (confermato dall'analisi del DNA) e sono stati quindi esclusi dall'analisi statistica, mentre dei rimanenti 250 campioni, 34 (il 14%) erano sospetti di adulterazione perché con quantità di sostanze estranee al di sopra del livello massimo. Sette campioni contenevano una notevole quantità di *Carum Carvi* sebbene etichettati come cumino (*Cuminum cyminum*), fatto dimostrato dalla presenza del carvone, sostanza chimica tipica del cumino. Dodici campioni contenevano coriandolo (*Coriandrum sativum*), tre senape (*Sinapis alba*), uno semi di lino (*Linum spp.*) e un altro campione semi di zucca (*Cucurbita pepo*).

Dieci campioni avevano un contenuto totale di ceneri superiore al livello massimo stabilito dalla ISO 6465:2009, mentre in nove campioni è stato rilevato DNA di senape (*Brassicasp./Sinapis alba*), che è un allergene alimentare.

- Curcuma

Dei 316 campioni di curcuma (*Curcuma longa*) testati, 34 (11%) erano sospetti di adulterazione.

Tre dei 34 campioni sospetti contenevano coloranti non autorizzati: in un campione era presente Sudan I mentre in due campioni è stata rilevata la Tartrazina.

In 24 campioni è stato trovato DNA di materiale vegetale non dichiarato, in quantità superiori al 2% (quantità massima consentita di materiale estraneo nella curcuma secondo l'ISO 5562:1983), per la maggior parte paprika/peperoncino (*Capsicum spp.*) ma anche amido di diversi cereali tra cui mais (*Zea mays*), riso (*Oryza sativa*), avena (*Avena spp.*) e frumento (*Triticum spp.*).

Sei campioni contenevano meno del 2% di curcuminoidi come richiesto dalla specifica ISO, mentre un altro campione è stato ritenuto sospetto perché conteneva solo curcumina e nessuno degli altri curcuminoidi naturalmente presenti (demetossicurcumina e bisdemetossicurcumina).

- Origano

Su 295 campioni di origano (*Origanum*) testati, 142 (48%) erano sospetti di essere stati adulterati.

In 80 campioni (27%) è stato trovato il DNA di olivo (*Olea europaea*), supportato dalla presenza del marcatore chimico oleuropeina, una sostanza specifica di *Olea europaea*.

In 11 campioni era presente l'origano maggiorana (*O. majorana*), che secondo la norma ISO non deve essere presente nell'origano essiccato, in tre campioni era presente mirto (*Myrtus communis*) e in un altro campione un riempitivo contenente amido.

La maggior parte dei campioni conteneva bassi livelli di DNA di timo (*Thymus vulgaris*), menta piperita (*Mentha x piperita*) e salvia (*Salvia spp.*). L'Origano appartenendo alla stessa famiglia (*Lamiaceae*) e sottofamiglia (*Nepetoideae*) di menta, timo e salvia possiede con quest'ultime una stretta relazione filogenetica e a causa di questa, la lettura del DNA per alcuni dei codici a barre utilizzati non conferisce una risoluzione abbastanza elevata per l'attribuzione di specie e genere. Tuttavia, attraverso la lettura del DNA, 47 campioni sono stati considerati sospetti di adulterazione poiché le quantità di timo (*Thymus vulgaris*), menta piperita (*Mentha x piperita*) e salvia (*Salvia spp.*) erano particolarmente elevate.

- Paprika/Peperoncino

Dei 462 campioni di paprika/peperoncino (*Capsicum spp.*) testati, tutti contenevano i principali marcatori chimici (capsantina, capsaicina, diidrocapsaicina, nordiidrocapsaicina), ma 27 (6%) sono stati ritenuti comunque sospetti di adulterazione.

In 10 dei 27 campioni sospetti sono stati rilevati coloranti non autorizzati: Sudan I in un campione, Allura Red in sei campioni, Bixin in sette campioni, Azorubin in due campioni e Sunset Yellow in un campione. Cinque campioni avevano un contenuto totale di ceneri superiore al 10%, che è il livello massimo fissato dalla specifica ISO 927:1997. Nei restanti campioni sospetti erano contenute specie vegetali non dichiarate oltre l'1% (livello massimo secondo ISO 927:1997), tra queste: mais (*Zea mays*), pomodoro (*Solanum lycopersicum*), carota (*Daucus carota*), semi di girasole (*Helianthus annuus*), e cipolla e aglio (*Allium spp.*).

- Pepe

Per il pepe sono stati testati 421 campioni, 70 (17%) di questi erano sospettati di essere adulterati con specie botaniche non dichiarate. Trentasette campioni contenevano riempitivi come amido di riso (*Oryza sativa*), di grano saraceno (*Fagopyrum esculentum*), e di altri cereali (frumento o orzo), mentre nove contenevano semi di senape (*Brassica spp.*), che è un allergene. Altri campioni sono risultati positivi per la presenza di altre spezie non dichiarate con un valore superiore al livello massimo (2,5%) ammesso dalla specifica ISO: paprika (*Capsicum annum*), aglio (*Allium sativum*), cumino (*Cuminum cyminum*), finocchio (*Foeniculum vulgare*), coriandolo (*Coriandrum sativum*),

In tutti i campioni il principale composto chimico marcatore (piperina) era presente, ma 14 campioni non ne rispettavano il contenuto minimo (4%), fissato dalle specifiche ISO (in 10 di essi è stato trovato anche DNA di materiale vegetale non dichiarato).

Nessuno dei campioni di pepe analizzato conteneva coloranti non autorizzati.

- Zafferano

Dei 141 campioni testati, 16 (11%) erano sospettati di essere adulterati. Quattro campioni possedevano elevate percentuali da cartamo (*Carthamus tinctorius*) e uno di calendula (*Tagetes spp.*). In quattro di questi cinque campioni inoltre erano assenti i composti specifici dello zafferano, crocina e safranale. Sono stati trovati coloranti non autorizzati in 12 campioni (alcuni di essi contenevano più coloranti):

Sudan I in un campione, giallo tramonto in quattro campioni, azorubina in due campioni, giallo acido 3 in due campioni, tartrazina in sette campioni, acido carminico in due campioni.

2.2. spezie e erbe aromatiche maggiormente coinvolte in episodi fraudolenti

Nell'ultimo decennio, gli episodi di adulterazione e sofisticazione delle spezie hanno fatto notizia a livello regionale e globale. Questi incidenti hanno attirato l'attenzione a causa della distribuzione e dell'uso diffuso dei prodotti adulterati. Inoltre, anche le preoccupazioni per la salute e per la sicurezza alimentare e creati dagli adulteranti utilizzati per commettere questi atti fraudolenti hanno aumentato l'interesse pubblico. Questi episodi di frode alimentare hanno avuto un impatto duraturo a causa della natura degli adulteranti utilizzati (Hoffman et al., 2021).

Nella tabella 3 sono riportati le principali erbe e spezie associate a record di incidenti e inferenze nel database Decernis sulle frodi alimentari dal 2000 al 2020.

Tabella 3: esempi di erbe e spezie coinvolte in incidenti e inferenze dal 2000 al 2020 (Decernis, 2020).

Erbe/spezie	Numero di registrazioni degli incidenti	Numero di registrazioni di inferenza	Numero totale di incidenti + registrazioni di inferenza
Peperoncino in polvere	24	40	64
Curcuma (radici e polvere)	18	38	56
Zafferano (filetti e polvere)	7	28	35
Pepe bianco e nero (in grani o macinato)	6	25	31
Vaniglia (fagioli o estratto)	13	8	21
Cumino (semi e macinato)	7	13	20
Origano (foglie essiccate e macinato)	1	9	10

Gli incidenti sono eventi documentati di frode alimentare in un ingrediente o prodotto alimentare entro un periodo di tempo definito, mentre le inferenze sono indicazioni di una probabile conoscenza di frode alimentare senza documentazione sufficiente per essere classificata come incidente.

Alcuni esempi di frodi commessi su erbe e spezie che possiedono una maggiore rilevanza nel mercato UE sono discussi di seguito.

2.2.1. Pepe nero

Il pepe (*Piper nigrum*) è una pianta della famiglia delle Piperacee, coltivata per i suoi frutti. Le bacche vengono raccolte intere, fatte essiccare e utilizzate per produrre il pepe bianco, il pepe nero e il pepe verde, i quali si differenziano per il diverso grado di maturazione e per i diversi processi di lavorazione che vengono effettuati. A livello globale, il pepe nero è la varietà più comune ed è ampiamente coltivata, prodotta e commercializzata. Per il suo sapore caratteristico, dovuto agli olii volatili e alla piperina (sostanza responsabile della piccantezza), è stato utilizzato come ingrediente in molte preparazioni alimentari per migliaia di anni e rimane ancora oggi tra spezie più importanti e apprezzate al mondo (Sousa et al. 2019).

Il pepe nero viene coltivato in zone tropicali come Indonesia, India, Malesia, Cina e Brasile ma è il Vietnam il più importante produttore ed esportatore mondiale di pepe nero, con una produzione di quasi 263.000 tonnellate di pepe prodotto annualmente (FAO, 2018).

Dato l'elevato valore di questa spezia, spinta da vantaggi economici, le frodi nei mercati alimentari di tutto il mondo sono diventate un problema crescente negli ultimi anni (Peris e Escuder-Gilabert, 2016).

In molti casi, il pepe viene adulterato combinando pepe di bassa qualità con un prodotto di qualità superiore o utilizzando altri materiali più economici come riempitivi. Allo stesso tempo, si è anche verificato frequentemente che il pepe nero fosse deliberatamente etichettato erroneamente indicando un'origine geografica falsa per ottenere benefici sul prezzo di vendita.

Ci sono stati diversi episodi di frodi che hanno coinvolto il pepe nero. Alcuni adulteranti comuni e conosciuti per il pepe includono noccioli, legumi, bucce di chicchi di caffè, miglio e più comunemente semi di papaya a causa del loro colore, forma e aspetto molto simili ai grani di pepe (Wilde et al., 2019).

Nel 2018 in Vietnam è stato scoperto un caso di frode che coinvolgeva il pepe nero in cui per aumentare la massa di prodotto vendibile erano stati mescolati al pepe, ghiaia macinata e bucce di chicchi di caffè. Inoltre, per colorare questi materiali estranei era stata utilizzata una tintura nera fatta in casa creata con il contenuto di batterie esauste. Le sostanze delle batterie determinate furono biossido di manganese, cloruro di zinco e cloruro di ammonio, tutte non autorizzate per l'utilizzo alimentare e nocive per la salute umana. Questo è stato un chiaro esempio di come un atto di frode motivato economicamente possa portare a un problema di sicurezza alimentare nonché di salute pubblica (Son, 2018).

2.2.2. Vaniglia

La vaniglia si ottiene dai frutti (capsule) di *Vanilla planifolia*, una specie appartenente alla famiglia delle Orchidacee, che si sviluppa in diverse regioni tropicali umide del mondo, principalmente in Madagascar e Indonesia. Anche da *Vanilla tahitensis* e *Vanilla pompona*, si ricava la vaniglia ma con caratteristiche meno intense e meno pregiate.

Il caratteristico gusto e profumo della vaniglia viene conferito dalla vanillina, potente composto aromatico che si sviluppa nei baccelli di vaniglia durante la loro maturazione.

A causa delle zone di produzione limitate e a seguito delle difficoltà climatiche e socio-economiche in Madagascar (principale paese produttore), il mercato della vaniglia ha registrato negli ultimi anni un calo della qualità dei baccelli di vaniglia accompagnato da un forte aumento del loro prezzo. In questo contesto, sempre più operatori sono stati tentati di indurre in errore il consumatore sulla qualità dei prodotti aggiungendo o sostituendo sostanze meno costose alla vanillina naturale. (DGCCRF, 2022)

In molti casi, la frode alla vaniglia si è verificata sostituendo all'estratto di vaniglia naturale, vanillina sintetica o etil vanillina (de Guzman e Zara, 2012).

La vanillina, infatti, oltre che per estrazione dai baccelli di vaniglia, può essere ottenuta mediante sintesi chimica o attraverso processi biotecnologici, in particolare partendo dall'acido ferulico.

La vanillina di sintesi, realizzata per la prima volta nel 1874 dal chimico tedesco Willhelm Haarmann ha man mano preso sempre più piede nell'industria alimentare come sostituto della vaniglia naturale grazie al suo basso costo di produzione. Si stima che attualmente la produzione mondiale di vanillina industriale sia intorno

alle 12.000 tonnellate all'anno, mentre tutta la vanillina naturale che potrebbe essere estratta dalla produzione mondiale di vaniglia, ne produrrebbe soltanto 40 tonnellate all'anno (Luziatelli, 2008)

Poiché il componente caratterizzante della vaniglia "vanillina" può essere facilmente prodotto con processi sintetici molto più economici, gli alimenti al sapore di vaniglia sono altamente suscettibili a frodi motivate economicamente.

Nel 2019 è stata condotta un'indagine dalla DGCCRF (Direzione Generale per la Concorrenza, i Consumatori e il Controllo delle Frodi), un ente facente parte del Ministero dell'Economia francese, che mirava a controllare la composizione e l'etichettatura dei prodotti alla vaniglia (baccelli, estratti, aromi) e degli alimenti aromatizzati, per cercare possibili frodi o pratiche commerciali ingannevoli.

Gli investigatori della DGCCRF hanno preso di mira tutti gli operatori del settore: produttori (di baccelli, estratti, aromi naturali di vaniglia, aromi alla vaniglia e vanillina naturale pura), importatori, distributori, rivenditori e aziende alimentari, con numerosi controlli anche all'estero. Hanno così verificato la conformità dei prodotti, la tracciabilità e la fatturazione in 177 stabilimenti prelevando 113 campioni con l'obiettivo principale di verificare che i prodotti fossero effettivamente a base di vaniglia, come annunciato al consumatore.

Sono state rilevate pratiche fraudolente volte in particolare a:

- sostituire i prodotti alla vaniglia (come i baccelli interi) con prodotti di qualità inferiore come baccelli di vaniglia esausti o estratti di vaniglia costituiti da acqua e aroma artificiale;
- intensificare il gusto, l'odore e l'aspetto della vaniglia immergendo i baccelli in aromi al gusto di vaniglia (della polvere bianca campionata etichettata "vaniglia" è risultata essere composta per la maggior parte da zucchero aromatizzato con vanillina non vanigliata);
- riprodurre il sapore di vaniglia aggiungendo vanillina ottenuta da processi biotecnologici in proporzione maggiore rispetto alla vanillina dei baccelli di vaniglia (la metà degli aromi naturali di vaniglia campionati non era conforme in quanto la quota di vanillina di sintesi in alcuni campioni arrivava oltre il 90%).

Dalle osservazioni effettuate è emerso che uno stabilimento ispezionato su quattro non rispettava la normativa. Il tasso di non conformità dei campioni è risultato del 23%. Tra i provvedimenti intrapresi oltre a sanzioni amministrative sono state effettuate anche tre denunce penali (DGCCRF, 2022).

Altri casi di frodi che hanno coinvolto la vaniglia sono stati eseguiti mediante l'utilizzo di piante che non sono *Vanilla planifolia*, queste includono *Dipteryx odorata* (una pianta arborea tropicale che produce semi chiamati fave di Tonka) e *Vanilla pompona* (una pianta di vaniglia inferiore) (de Guzman e Zara, 2012).

La fava di Tonka è originaria dell'America centrale e del Sud America settentrionale. Sono sostanzialmente meno costose delle bacche di vaniglia e hanno un sapore simile per la presenza di cumarina, che contiene composti che conferiscono un profumo simile alla vaniglia.

La cumarina è una sostanza naturale che si trova nelle fave di Tonka ma non nella vaniglia derivante da *Vanilla planifolia* e la sua presenza può essere identificata attraverso test analitici.

È stato riportato che la cumarina può avere effetti epatotossici ed è potenzialmente cancerogena (Capasso 2011), e nel 1954, la *Food and Drug Administration* (FDA) (1989) ha vietato l'uso della cumarina come additivo alimentare, compreso l'uso di fave Tonka o il loro estratto. Tuttavia, il Messico non ha regolamenti rigidi che delineano gli standard di autenticità per l'estratto di vaniglia o l'etichettatura dell'estratto di vaniglia, il che allenta molto i controlli e la supervisione su come viene ricavato il prodotto e su come viene utilizzato. Il Messico è un grande produttore ed esportatore di vaniglia, ma queste "vaniglia messicane" spesso possono contenere estratto di fava Tonka, provocando un potenziale rischio per la salute pubblica.

2.2.3. Zafferano

Lo zafferano è ricavato dagli stigmi del fiore di una pianta bulbosa della famiglia delle Iridacee (*Crocus sativus*). È chiamato oro rosso per il colore fiammante, ma soprattutto per il prezzo stratosferico e proprio per il valore di mercato, lo zafferano è da sempre una delle spezie più adulterate e contraffatte.

Ad aumentare il costo dello zafferano sono il basso numero di stigmi prodotti (in genere solo tre per fiore) e la raccolta ad alta intensità di manodopera. Per ottenere un chilo di zafferano occorrono 250 mila fiori e 600 ore di lavoro. Con questi dati è facile intuire il perché del suo valore commerciale, che lo rende un bersaglio importante per le frodi alimentari (Cicerone, 2015).

Lo zafferano deve le sue caratteristiche ai diversi principi attivi come il safranale, che rappresenta il principale componente dell'aroma, le crocine responsabili del colore e la picrocrocina che gli conferisce il caratteristico sapore.

La produzione mondiale di zafferano è di circa 178 tonnellate ad anno di cui il 90% viene prodotto in Iran e il restante 10% in India, Grecia, Marocco, Spagna e Italia. L'Italia ne produce circa 500 kg, principalmente in Sardegna, Abruzzo, Toscana, Umbria e Marche; tuttavia, la produzione annua è strettamente connessa all'andamento climatico (zafferanoitaliano.it).

Le frodi dello zafferano si verificano sia con la forma intera (filamenti) sia con la spezia in polvere, quest'ultima risulta più a rischio di contraffazione perché può essere facilmente mescolata con altre spezie di minor pregio come la curcuma (il cui costo è un decimo rispetto a quello dello zafferano), il cartamo, la calendula ma anche minerali o altri materiali.

Storicamente, le frodi che riguardano lo zafferano mostrano una varietà di metodi utilizzati. Spesso come mezzo per frodare l'acquirente vengono utilizzati coloranti per imitare la colorazione gialla dello zafferano. Alcuni esempi di coloranti utilizzati per aggiungere colore sono la tartrazina, l'eritrocina, la azorubina, il rosso di cocciniglia, il giallo arancio e il giallo naftolo (Koochehi e Melani, 2020).

In molti casi la frode implica invece l'utilizzo di fibre vegetali mescolate con zafferano genuino, queste includono peli radicali, stami o stigmi di altre varietà di *Crocus*. L'aumento di peso è un'altra strategia utilizzata per aumentare illecitamente i propri profitti e si verifica aumentando l'umidità dei filamenti di zafferano o immergendoli in sostanze come miele, olio d'oliva o glicerina. Un altro tipo comune di frode dello zafferano consiste nella sostituzione parziale con zafferano più vecchio e degradato. Vendere zafferano vecchio, mal conservato o in cui è avvenuto un certo grado di degradazione avrà una ripercussione sul sapore,

sull'aroma e sul colore, influenzando molto negativamente sulla qualità del prodotto, inoltre, indirettamente anche l'immagine di tutto il settore legato a questa spezia subirà un certo danno.

Gli incidenti che coinvolgono l'adulterazione dello zafferano continuano a verificarsi frequentemente ed è opportuno vigilare con attenzione sul commercio di questa preziosa spezia.

Anche i consumatori devono acquistare con più consapevolezza, basta pensare che il costo di una confezione da 0,20/0,30 grammi di prodotto DOP o IGP non dovrebbe scendere sotto gli 8/10 euro, mentre sul mercato si trovano prodotti etichettati come zafferano a 7/8 euro al grammo. Chiaramente la produzione di questa spezia non permette la vendita a prezzi così bassi ed è quindi semplice ipotizzare che prodotti venduti a così poco (un quinto del valore reale) siano sospetti di adulterazione, sofisticazione o contraffazione (Cicerone, 2015).

2.2.4. Origano

L'origano è un'erba aromatica ampiamente utilizzata e popolare per scopi culinari, ed è particolarmente vulnerabile alle frodi. L'origano appartiene alla famiglia delle Lamiaceae e deriva dal genere *Origanum* il quale comprende diverse specie che hanno il principale centro di differenziazione nel bacino del Mediterraneo. Nel mercato europeo solo alcune specifiche specie (*Origanum vulgare* e *Origanum onites*) sono considerati "origano europeo", con alcune restrizioni sul livello di impurità (materiali estranei max. 2%) (ESA, 2015). Mentre in altri mercati viene consentito l'utilizzo di tutte le specie del genere *Origanum* con altre limitazioni descritte nella specifica ISO e nelle linee guida dell'American Spice Trade Association (ASTA, 2015).

Esiste inoltre il cosiddetto "origano messicano" (*Lippia graveolens*) appartenente alla famiglia delle *Verbenaceae* con un sapore molto più forte e robusto rispetto all'origano mediterraneo (Black, et al., 2016).

Questa confusione di specie e definizioni ha portato a una chiara distinzione di mercato tra origano mediterraneo e messicano e negli ultimi anni è stato incrementato molto il numero di studi e indagini di mercato, svolti per tentare di quantificare la contraffazione e adulterazione presente nel mercato dell'origano. Il *bulking* è il mezzo più noto per frodare l'origano. Con questo termine si intende l'aggiunta di agenti di carica per aumentare il peso della massa di prodotto da vendere. Poiché l'origano, come la maggior parte delle spezie, viene venduto macinato o tritato è relativamente facile aggiungere materiale esogeno al prodotto senza che gli acquirenti successivi e il consumatore se ne accorgano.

Gli adulteranti più comunemente trovati per essere usati come agenti di carica per l'origano sono solitamente foglie di piante simili come foglie di mirto (*Myrtus*), sommacco (*Rhus coriaria*), ulivo (*Olea europaea*), cisto (*Cistus*) e nocciolo (*Corylus avellana*) (Drabova et al., 2019).

Nel 2016 nel Regno Unito è stata condotta un'indagine su campioni di origano disponibili in commercio per determinare l'attuale livello di abuso. Lo studio includeva campioni venduti da vari rivenditori come supermercati, minimarket, dai settori della vendita al dettaglio, da varie fonti online e una piccola parte proveniente da punti vendita di paesi al di fuori del Regno Unito/Irlanda, UE e extra UE.

I risultati dell'indagine sull'origano sono stati sviluppati sulla base dei dati spettroscopici e spettrometrici ottenuti mediante FTIR e LC-HRMS. I dati ottenuti mostrano che su 78 campioni totali di origano testati, 19 (circa il 24%) erano sospetti di frode. Gli adulteranti più comuni trovati nei campioni erano foglie di ulivo e

foglie di mirto e la scala di contraffazione variava dal 30% fino a oltre il 70%, infatti due campioni non contenevano praticamente origano. Questa portata di campioni contraffatti e il livello di contraffazione scoperti non erano previsti. Inoltre, le percentuali di campioni contraffatti provenienti da punti vendita nel Regno Unito (13 su 53 campioni testati) e di campioni contraffatti acquistati in internet (6 su 25 campioni testati) sono risultate molto simili, rispettivamente il 24.5% e il 24%, questo dato è stato del tutto inaspettato poiché si sarebbe pensato che il commercio al dettaglio avrebbe messo in atto sistemi di controllo migliori (Black et al. 2016).

Questi numerosi casi di frode riscontrati evidenziano la vulnerabilità di questa specifica merce e dimostrano la necessità di adottare misure più solide in termini di audit e test per mitigare questo problema. Chiaramente la vittima principale di questi incidenti è il consumatore perché si ritrovano a consumare prodotti che non sono quelli che pensa di acquistare.

Oltre al consumatore, anche tutta l'industria subisce un danno importante sia per la sfiducia che segue ogni scandalo, sia per i produttori in buona fede che devono concorrere con soggetti produttivi che si avvantaggiano nella concorrenza con pratiche illegali.

2.2.5. Paprika

La paprika, il frutto disidratato e macinato di alcune varietà di peperone rosso (*Capsicum annuum*), è una delle spezie più consumate in molti settori dell'industria alimentare (Van Asselt et al., 2018). Per il suo gusto particolare (dolce e piccante) e l'elevata capacità colorante, la paprika può essere utilizzata come additivo alimentare, fungendo sia da colorante naturale che da aromatizzante (Oliveira et al., 2020). Inoltre, rappresenta anche buona fonte di micronutrienti (minerali e vitamine) e composti bioattivi come capsaicinoidi, carotenoidi, composti fenolici e polifenolici (Monago-Maraña et al., 2022) i quali esercitano molteplici effetti benefici per la salute umana, tra cui attività analgesiche, antiossidanti, antiobesità, cardioprotettive e antitumorali (Farzaneh et al., 2018).

La composizione e la qualità della paprika possono essere influenzate dalla cultivar, dalla regione geografica, dalle condizioni pedoclimatiche, dalle condizioni di coltivazione e dal processo produttivo. Ciò indica che le caratteristiche possedute dalla paprika, che si riflettono direttamente nei suoi prezzi e valori commerciali, possono differire anche all'interno della stessa cultivar o per regioni di provenienza diverse (Sun et al., 2022). Con il crescente consumo di paprika in tutto il mondo, questa spezia è diventata, soprattutto la paprika di alta qualità con elevata reputazione e elevato valore commerciale, un bersaglio attraente per l'adulterazione, la sofisticazione e la contraffazione.

Le frodi della paprika possono essere eseguite in varie forme e possono verificarsi in ogni fase della produzione con modalità diverse: aggiunta di materiale estraneo, aggiunta di prodotti scadenti o materiali più economici e aggiunta di coloranti per mascherare la scarsa qualità (Oliveira et al., 2019). Gli adulteranti sono generalmente inseriti in basse percentuali, il che li rende difficili da rilevare con una semplice valutazione sensoriale a causa del loro aspetto e consistenza simili alla paprika reale (Kucharska-Ambrozej e Karpinska, 2020).

Tra le frodi più comuni e pericolose che vengono messe in atto su questa spezia c'è l'utilizzo di coloranti Sudan (Sudan I-IV), un insieme di coloranti che rientrano nella famiglia più ampia dei coloranti Azoici. Questi coloranti sono noti adulteranti tipicamente utilizzati in spezie rosse e arancioni dai colori vivaci, come peperoncino in polvere, curry e paprika (Rebane et al., 2010). I coloranti Sudan sono stati banditi come additivi sia negli Stati Uniti che nell'UE (dal 2004) perché considerati potenzialmente cancerogeni e genotossici.

Nel 2022 in Svizzera, nel corso di un controllo ufficiale sono stati rilevati i coloranti non autorizzati Sudan I e Sudan IV nel peperoncino dolce macinato “*Tatli Pul Biber*” a marchio “*Kösk*” (USAV, 2022). Sudan I e IV sono coloranti azoici sintetici che, dopo l'assunzione orale, possono essere scomposti nell'organismo in prodotti di degradazione cancerogeni. In seguito alla rilevazione l'Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria (USAV) ha rilasciato un comunicato stampa raccomandando di non consumare il prodotto interessato e Gimex ha immediatamente ritirato dalla vendita il prodotto in questione e ha avviato un richiamo. Un massiccio richiamo si era verificato anche nel 2005 nel Regno Unito a causa della scoperta di peperoncino in polvere contaminato con il Sudan I (Meikle, 2005). Il richiamo era in realtà per la salsa *Crosse & Blackwell Worcester*, in cui il peperoncino in polvere adulterato era utilizzato come ingrediente. A causa dei molteplici usi della salsa come ingrediente in molti alimenti il richiamo fu notevolmente ampliato. L'allerta riguardava 357 diversi prodotti al gusto di salsa Worcester, tutti provenienti da un unico fornitore, *Premier Foods*.

3. METODI ANALITICI COMUNI PER RILEVARE FRODI DI SPEZIE E ERBE AROMATICHE

Le spezie hanno un grande valore monetario e le loro qualità possono essere utilizzate in diversi ambiti: per insaporire cibo, nella profumeria, nei cosmetici, per l'uso medicinale e come conservanti.

L'autenticità della materia prima è un fattore significativo per assicurare ad acquirenti, commercianti e paesi importatori che si tratta di un prodotto di qualità (Negi et al, 2021) ma le spezie e le erbe aromatiche rappresentano una famiglia botanica altamente eterogenea, di conseguenza analizzarne l'autenticità è un compito impegnativo che generalmente richiede una pluralità di metodi.

La maggior parte delle frodi deriva dall'etichettatura errata rispetto la provenienza o la composizione, dall'aggiunta di materiale estraneo per aumentare la massa del prodotto, dalla sostituzione totale o parziale con un'altra specie più economica o dall'aggiunta di additivi (ad esempio coloranti), utilizzati per mascherare eventuali caratteristiche negative.

La gamma di adulteranti tipicamente adoperata con questi prodotti alimentari è ampia e comprende:

- coloranti sintetici e naturali per esaltare il colore;
- agenti di carica vegetali, siano essi endogeni (qualsiasi parte della pianta a cui appartiene la spezia o l'erba aromatica, o residui derivanti dalla sua lavorazione) o esogeni (qualsiasi specie botanica diversa da quella dichiarata ma anche aggiunta di amido, olio, farina, segatura, ecc.);
- agenti di carica minerali (polvere, sabbia, argilla, talco, gesso, ecc.).

Tecniche analitiche rapide, affidabili e competenti, con questa tendenza crescente alla frode alimentare, sono sempre più necessarie per confermare l'autenticità del cibo (Lohumi et al., 2015).

I truffatori tendono ad essere sempre un passo avanti rispetto alle agenzie per la sicurezza alimentare e la ricerca di nuovi metodi analitici per l'autenticazione del cibo deve costantemente essere aggiornata. Tuttavia, lo sviluppo di nuove tecniche per combattere l'adulterazione e la sofisticazione di spezie e erbe aromatiche è ancora relativamente nelle sue fasi iniziali in quanto è necessaria una conoscenza approfondita e specifica per ciascuno di questi prodotti alimentari di nicchia (Hoffman et al., 2021). La loro filiera è complessa e globalizzata e comprende molti passaggi che vanno dai paesi produttori, che sono principalmente paesi tropicali, spesso in via di sviluppo, ai paesi consumatori. La complessità della catena di approvvigionamento non solo fornisce un ampio numero di situazioni in cui possono verificarsi comportamenti fraudolenti ma anche una marcata diversità dei metodi e dei potenziali adulteranti utilizzati per adulterare e contraffare i prodotti, rendendo dunque i controlli molto più difficoltosi.

Questo capitolo fornisce una panoramica dei metodi analitici più comunemente diffusi e utilizzati per rilevare le principali frodi effettuate su spezie e erbe aromatiche, principalmente riguardanti: coloranti non autorizzati, sostanze botaniche non dichiarate e riempitivi inorganici. Verranno trattati meriti e demeriti di ogni tecnica e le sfide legate alle loro applicazioni nell'autenticazione di spezie e erbe.

Sebbene i metodi fisici siano semplici da usare, il tempo necessario per vagliare il campione limita l'applicazione commerciale. Metodi analitici come analisi chimiche, analitiche e strumentali sono ampiamente

utilizzati ma la complessità degli strumenti e l'elaborazione dei dati ne limita l'uso routinario. Nell'ultimo decennio le tecniche molecolari sono diventate sempre più un potente strumento per rilevare adulteranti nelle spezie grazie alla loro rapidità, accuratezza ed economicità (Negi et al., 2021).

I due metodi più semplici e usuali utilizzati per rilevare l'adulterazione in erbe e spezie, sono l'ispezione visiva e la microscopia (BRC-FDF-SSA, 2016). In questo caso si parla di tecniche di autenticazione fisica in quanto vengono prese in considerazione le proprietà fisiche dell'alimento. Le tecniche macroscopiche e microscopiche vengono utilizzate per riconoscere la struttura superficiale, il colore, la morfologia e la struttura interna del tessuto.

Altri test fisici utilizzati comprendono anche esami sensoriali per l'identificazione di aroma e gusto, o analisi atte a valutare la consistenza, la solubilità o la densità apparente.

L'ispezione visiva è la prima azione essenziale per autenticare spezie e erbe aromatiche. Un esperto può rilevare ad occhio nudo molte anomalie o irregolarità, soprattutto quando la spezia è nella sua forma intera, questa opzione però risulta poco applicabile e inappropriata con le spezie in quanto nella maggior parte dei casi i campioni arrivano già in forma frantumata o macinata. Pertanto, ad esempio per determinare la presenza di materiale estraneo spesso si ricorre a test basati sul DNA.

La microscopia rimane il metodo di riferimento per l'autenticazione delle spezie (BRC-FDF-SSA, 2016). Tecniche avanzate di microscopia elettronica vengono utilizzate per analizzare le caratteristiche morfologiche e anatomiche come la presenza o l'assenza di peli (tricomi), grani di amido, ghiandole sebacee, canali, ecc. (Smillie & Khan, 2010). Tuttavia, l'accuratezza del metodo necessita di esperienza e abilità nella preparazione del campione, questi fattori rendono l'analisi microscopica non conveniente e inadatta per esami di routine (Bansal, Singh et al., 2017). Oggi sono disponibili tecnologie che permettono analisi che richiedono molto meno tempo e che non hanno bisogno di analisti altamente qualificati.

Dal 1980 al 2010 i principali metodi utilizzati per rilevare l'adulterazione e la sofisticazione in spezie e erbe aromatiche sono stati la cromatografia liquida (LC) e la spettroscopia a infrarossi (Moore et al., 2012). Queste tecniche rappresentano metodi mirati che consentono lo screening di erbe e spezie per uno o più componenti. Ad esempio, attraverso il metodo LC con spettrometria di massa tandem (LC-MS/MS) è possibile rilevare la presenza di coloranti illegali aggiunti alle spezie per vivacizzarne il colore, come i coloranti Sudan e altri coloranti artificiali o naturali. Tali screening possono rilevare fino a 58 coloranti aggiunti con limiti di rilevamento fino a 0,1 mg/kg (Bessaire et al., 2019). Il limite di questa tecnica è rappresentato dal fatto che se viene aggiunto un colorante che non è riportato nell'elenco dei composti target, non verrà rilevato.

Con metodi mirati, si rileva solo ciò che si sta cercando e gli autori di frodi possono escogitare nuovi metodi per superare questi test.

Attualmente, si spinge verso lo sviluppo di tecniche analitiche veloci e affidabili che possono essere utilizzate direttamente in linea, diversamente da quanto avviene con le tecniche standard, per le quali è sempre implicato l'uso di strumenti da banco.

Dal 2010 in poi c'è stata una crescente diffusione delle cosiddette metodologie non mirate.

I metodi non mirati sono spesso indicati come metodi di fingerprinting o profiling e sono notevolmente vantaggiosi in termini di efficienza ed economicità.

Sebbene i test mirati siano necessari per l'identificazione di adulteranti noti, i test non mirati permettono di rispondere alla domanda: "C'è qualcosa nella spezia che non le appartiene?" con una risposta binaria "sì" o "no". In pratica segnalano se il prodotto alimentare testato è “tipico” o “atipico” prendendo come riferimento l'ampia popolazione di campioni autentici già testati nei quali sono descritte tutte le possibili variazioni naturali. Questa risposta implica un approccio statistico, infatti questi metodi sono sviluppati in combinazione con strumenti di chemiometria (basati su statistiche) capaci di produrre modelli sui quali basarsi.

Gli approcci non mirati non hanno ancora raggiunto un'ampia diffusione nel campo dell'autenticazione di erbe e spezie perché necessitano dell'analisi di un gran numero di campioni autentici e rappresentativi, per poter essere utilizzati per un approccio statistico. Questa raccolta dati oltre a richiedere molto tempo ha bisogno anche di un'intensa collaborazione tra l'industria delle spezie e i centri di ricerca. Inoltre, le procedure di convalida per i metodi non mirati non sono state standardizzate, il che può ridurre la coerenza dei risultati provenienti da laboratori diversi.

Ad ogni modo la metodologia finale è stata pensata e sviluppata per essere economica, facile da usare e più veloce della analisi chimiche eseguite in fase liquida, della microscopia o delle normali analisi cromatografiche mirate.

3.1. Spettroscopia

La spettroscopia infrarossa è un metodo molto efficace per studiare e comprendere la struttura e la chimica delle molecole, attraverso uno spettro vibrazionale molecolare. Se esposti alla radiazione infrarossa, le molecole di un campione assorbono selettivamente le radiazioni di lunghezze d'onda specifiche, le quali causeranno il cambiamento del momento di dipolo delle molecole e i livelli di energia vibrazionale delle molecole si trasferiranno dallo stato fondamentale allo stato eccitato. Analizzando lo spettro infrarosso, cioè la frequenza del picco di assorbimento, il numero di picchi e l'intensità dei picchi, si possono ottenere prontamente informazioni sulla struttura della molecola.

La spettroscopia IR include il vicino infrarosso (FT-NIR) e il medio infrarosso a trasformata di Fourier (FTIR, Mid-IR), ed è una tecnica veloce e non distruttiva per il rilevamento e la determinazione quantitativa di materiale adulterante in ingredienti botanici, comprese le erbe e le spezie. Le analisi spettroscopiche IR per ottenere spettri di assorbimento caratteristici che rivelano informazioni relative alle strutture chimiche di composti specifici, possono essere effettuate su campioni in tutti gli stati fisici, direttamente sui tessuti vegetali o su estratti (Osman et al., 2019).

La spettroscopia vibrazionale combinata con metodologie chemiometriche è diventata uno dei metodi più noti e ampiamente utilizzati nel rilevamento di adulterazioni e sofisticazioni nell'industria alimentare.

Queste tecniche di *fingerprinting* (sviluppo di impronte digitali spettroscopiche) sono strumenti molto utili per lo screening e vengono utilizzate per distinguere specie diverse o chemiotipi diversi all'interno della stessa specie (Gavin-King et al., 2018).

La radiazione infrarossa è la regione dello spettro elettromagnetico tra il visibile e la lunghezza d'onda delle microonde. Osservando la regione NIR (*Near Infrared Reflectance*) si possono trovare sfumature e combinazioni contenenti una molteplicità di informazioni; infatti, tutti i numerosi agenti di carica (adulteranti vegetali e minerali) utilizzati nell'adulterazione di molte spezie e erbe culinarie vengono assorbiti nella regione spettrale dell'infrarosso (Lafeuille et al., 2020), a differenza della regione del medio infrarosso dove sono presenti solo le vibrazioni fondamentali.

La spettroscopia Raman, basata sulla dispersione anelastica dei fotoni, è spesso considerata superiore a NIR e Mid-IR in quanto non è influenzata dall'acqua e dal materiale inorganico presenti nella matrice alimentare; pertanto, le analisi possono essere effettuate direttamente sulle confezioni o attraverso contenitori con pareti di vetro (Lohumi et al., 2015). Lo svantaggio di Raman e di altre spettroscopie IR a bassa risoluzione riguarda la necessità di avere un ampio numero di dati e strumenti chemiometrici coordinati che possano convalidare i dati generati da questa tecnica. La spettroscopia Raman, inoltre, contrariamente all'IR presenta una minore sensibilità nell'identificare i campioni contaminati con basse concentrazioni di contaminanti o adulteranti. Tuttavia, è stato riportato che entrambe le tecniche possono essere utilizzate fornire informazioni complementari nella determinazione dell'integrità dei campioni (Gavin-King et al., 2018).

La spettroscopia può essere utilizzata anche nella modalità di imaging multispettrale e iperspettrale, fornendo una dimensione spaziale supplementare al rilevamento. In alcuni studi l'imaging iperspettrale è stato impiegato per rilevare l'aggiunta di foglie di specie botaniche estranee nell'origano tritato, gusci e materiale esausto nella noce moscata, e semi di papaia mescolati nei grani di pepe nero (Hoffman et al., 2021).

La spettroscopia a infrarossi in trasformata di Fourier (FTIR) accoppiata a un microscopio nella modalità di imaging (imaging micro-FTIR) è stata convalidata per il rilevamento di numerosi tipi di adulteranti nel pepe nero (Lafeuille et al., 2020). Esistono comunque alcune limitazioni della spettroscopia vibrazionale applicata alle erbe e alle spezie che devono essere considerate. Essendo utilizzate come tecniche rapide, generalmente devono essere seguite da ulteriori tecniche di conferma che richiedono più tempo e specificità, come la microscopia, la spettrometria di massa o l'analisi del DNA.

La spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (NMR) è una delle principali tecniche spettroscopiche di rilevamento delle impronte digitali utilizzate per il rilevamento di frodi alimentari (Osman et al., 2019).

Diversamente dalla spettroscopia IR e Raman, l'NMR è una tecnica di *fingerprinting* che ha la capacità di registrare segnali da tutti i componenti chimici presenti in un campione e quindi rilevare le sostanze che non sono naturali costituenti del campione autentificato.

L'NMR esamina i campi magnetici locali attorno ai nuclei atomici e l'idrogeno (protoni) e il carbonio sono gli atomi più comuni osservati nell'NMR. In particolare, ¹HNMR viene utilizzato per l'analisi delle impronte digitali del materiale vegetale, rendendo possibile la loro identificazione, autenticazione e la valutazione della qualità del campione. L'¹HNMR identifica quasi tutti i protoni dei costituenti organici degli estratti vegetali analizzati (Kucharska-Ambrozej, Karpinska, 2020) e ha dunque la capacità di distinguere composti chimici con differenze strutturali minori, consentendo una quantificazione accurata e simultanea di diverse sostanze.

La principale limitazione per l'utilizzo di ^1H NMR per analisi di routine riguarda l'alto costo, la manutenzione operativa dello strumento e la necessità di operatori specializzati.

L' ^1H NMR è stato frequentemente utilizzato per rilevare la presenza di coloranti Sudan negli alimenti (Osman et. al, 2019). Il suo utilizzo combinato con la chemiometria è risultato efficace anche per valutare l'autenticità dello zafferano e tante altre spezie (Hoffman et al., 2021).

3.2. Spettrometria di massa

Tra le tecniche adottate nella lotta contro le frodi di erbe e spezie, una delle più diffuse e affidabili è di certo la spettrometria di massa (MS). È considerata una tecnica di riferimento nell'industria alimentare con un tasso di utilizzo del 26% (Osman et. al, 2019). L'analisi fornisce un'elevata sensibilità e selettività e oggi è un potente metodo di conferma per la garanzia della qualità.

La spettrometria di massa è un metodo analitico che si basa sulla ionizzazione di una molecola e sulla sua frammentazione in ioni di diverso rapporto massa/carica (M/z). Rispetto alle tecniche spettroscopiche viste in precedenza, questa analisi implica la distruzione della molecola, in quanto si tratta di un metodo distruttivo, inoltre questo metodo di analisi non si basa sull'interazione tra radiazioni e materia. Una molecola viene ionizzata per espulsione di un elettrone; dando origine a un catione radicalico il quale in parte si frammenta dando molecole e/o radicali neutri (che non vengono rilevate) e in parte generando cationi e/o radicali cationi (ioni frammento). I vari ioni che si originano per frammentazione vengono discriminati in base al loro rapporto massa/carica e rivelati mediante l'utilizzo di un detector (didattica-2000.archived.uniroma2.it). Il risultato dell'analisi è lo spettro di massa, che rappresenta l'abbondanza relativa degli ioni in funzione del loro rapporto massa/carica. Questo rapporto viene analizzato e può essere utilizzato sia per scopi mirati che non mirati (Hoffman et al., 2021).

L'analisi MS in genere viene eseguita combinandola con una fase di separazione cromatografica come la cromatografia liquida (LC-MS) o la gascromatografia (GC-MS, per composti più volatili). I metodi includono anche il rapporto isotopico (IR-MS) e il plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS). Queste tecniche richiedono la preparazione del campione (ad es. estrazione, purificazione e derivatizzazione) prima dell'iniezione.

L'HPLC, o UHPLC-MS, è considerata una tecnica di analisi mirata e dipende fondamentalmente dall'inclusione di un certo numero di marcatori analitici selezionati (Osman et. al, 2019).

L'uso più avanzato di questi metodi per dimostrare l'autenticità di erbe e spezie è quello di sviluppare approcci di tipo metabolomico non mirati. Con questo approccio è preferibile utilizzare la spettroscopia di massa ad alta risoluzione (HRMS) accoppiata a GC o LC. L'obiettivo è utilizzare il *fingerprinting* non mirato come primo passo prima di un metodo mirato finale. In pratica, i biomarcatori vegetali di interesse vengono selezionati attraverso la profilazione metabolomica e utilizzati successivamente per applicare un metodo di acquisizione mirata più conveniente nei casi di controlli di routine.

L'uso della cromatografia liquida ad altissima prestazione non mirata accoppiata alla spettrometria di massa ad alta risoluzione (UHPLC-HRMS) si è dimostrato un efficace strumento nella determinazione dell'origine

geografica di campioni di zafferano DOP (Rubert et al., 2016) e nella rilevazione di foglie estranee (olivo e mirto) nell'origano, in cui è stato utilizzato come biomarcatore il composto fenolico oleuropeina (Wielogorska et al. 2018).

In uno studio condotto da Ma et al. (2015), GC-MS è stato utilizzato come metodo per rilevare adulteranti noti nei semi di finocchio. Sono stati profilati oli essenziali dei semi di finocchio e due adulteranti (semi di cumino e aneto) e sono state osservate varie differenze significative. I vantaggi di questo metodo includono la facilità d'uso e la riproducibilità dei risultati. Per contro invece, per quanto riguarda il rilevamento dell'adulterazione in erbe e spezie, un problema che può verificarsi con l'uso di GC-MS è che vengono esaminati solo gli oli volatili, pertanto, il metodo di rilevamento può essere ingannato e risultare inaffidabile se a un prodotto viene effettuata un'aggiunta di oli volatili.

In generale, uno dei limiti più evidenti della MS riguarda la necessità di preparazione del campione, in quanto le sorgenti di ionizzazione richiedono la presenza del campione allo stato gassoso o liquido. Inoltre, le apparecchiature per la spettrometria di massa sono costose e devono essere gestite da personale altamente qualificato.

Negli ultimi anni si sta affermando l'uso della spettrometria di massa in tempo reale, in cui i campioni vengono introdotti direttamente nello spettrometro di massa. Attraverso queste analisi MS dirette o ambient MS le molecole vengono desorbite/estratte dal campione tramite uno spray, calore o un laser e la ionizzazione delle molecole avviene direttamente sulla superficie del campione. La spettrometria di massa ambientale è una tecnica analitica relativamente moderna che riesce a fornire risultati comparabili alle tecniche convenzionali senza che sia necessaria una complessa preparazione del campione. Questo aspetto fornisce un enorme vantaggio alla ambient MS rispetto ad altre tecniche correlate perché l'analisi dei campioni può essere effettuata nel loro stato originale, sia esso solido, liquido o gassoso (Osman et. al, 2019).

C'è un interesse crescente nell'uso della MS diretta con l'acquisizione non mirata ma questo approccio richiede l'uso della chemiometria per migliorare i dati chimici ottenuti dagli strumenti analitici e per correlare le proprietà dei campioni con l'uso di metodi matematici e statistici (Jiménez-Carvelo et al., 2019).

Analogamente alla spettroscopia, la procedura di convalida per i metodi non mirati nella spettrometria di massa non è ancora stata standardizzata. Ciò può ridurre la coerenza tra i laboratori e l'affidabilità del metodo.

3.3. Tecniche basate sul DNA

L'impatto delle tecniche molecolari è crescente nell'industria alimentare e rappresentano il futuro per la tracciabilità e l'autenticità degli alimenti. L'applicazione di tecniche molecolari è efficace per rilevare con precisione i componenti di un alimento, gli additivi, i costituenti sospetti, la presenza di microrganismi e pesticidi.

La rilevazione degli acidi nucleici (DNA, RNA) è il metodo più adatto per identificare in modo rapido e riproducibile adulteranti biologici nei prodotti alimentari soggetti a sofisticazioni. La tecnica molecolare prevede l'isolamento o l'estrazione del DNA, l'amplificazione del DNA isolato con un primer appropriato e la

rilevazione del prodotto amplificato. Le sequenze risultanti vengono infine confrontate con dati di riferimento adeguati.

L'analisi del DNA viene sempre più utilizzata nella lotta contro le frodi alimentari e svolge un ruolo importante anche nel rilevamento dell'aggiunta o sostituzione di specie vegetali in erbe e spezie. La *Sequence Characterized Amplified Region-Polymerase Chain Reaction* (SCAR-PCR) e le tecniche molecolari basate sul sequenziamento e sull'ibridazione sono utilizzate in modo significativo per identificare le fonti di contaminazione presenti negli alimenti che ne compromettono la qualità e la sicurezza (Negi et al., 2021).

3.3.1. DNA barcoding

Il DNA barcoding è un metodo sensibile rapido e affidabile per un'ampia gamma di prodotti alimentari, anche fortemente trasformati (Galimberti et al., 2013). È ampiamente utilizzato per l'autenticazione di prodotti botanici, per distinguere specie vegetali strettamente correlate e come strumento per il controllo della qualità. Il DNA barcoding, letteralmente il “codice a barre” del DNA, è un metodo relativamente nuovo che è stato inizialmente sviluppato da Hebert, Cywinska, Ball e deWaard (2003) che si basa sulla variabilità all'interno di una regione standard del genoma. Questa tecnica sfrutta particolari sequenze geniche, dette marcatori molecolari, uniche e specifiche per ogni specie animale, vegetale e per i microorganismi.

Sin dal suo sviluppo è diventato sempre più utilizzato nell'industria alimentare e ci sono prove positive di questo metodo nella rilevazione di adulteranti in erbe e spezie. Questa tecnica è stata utilizzata per il rilevamento di adulteranti nello zafferano (Huang et al., 2015), e l'adulterazione del peperoncino nel pepe nero (Parvathy et al., 2014).

Le metodologie basate sull'analisi del DNA si basano sul confronto di alcune sequenze genetiche, di circa 300-1000 coppie di basi, che sono uniche per una specifica specie. Queste tecniche sono in grado di discriminare tra diverse specie, varietà o cultivar ma non sono in grado di distinguere tra diverse parti o organi appartenenti alla stessa pianta in quanto non sono tessuti specifiche (Gavin-King et al., 2018). A differenza dei marcatori chimici, i marcatori basati sul DNA non sono influenzati dalla fase di crescita, dalle condizioni fisiologiche, dalle condizioni ambientali o dalla diversa provenienza geografica; pertanto, il DNA barcoding non può essere considerato una tecnica universale.

Il DNA barcoding si basa anche sulla disponibilità di banche dati di sequenze a cui fare riferimento (Ellis et al., 2016), in funzione di questo è importante costruire data base di riferimento per migliorare le possibilità che diventi un test di routine per la tracciabilità e la qualità alimentare (Galimberti et al., 2013).

Le tecniche di DNA barcoding hanno molte altre limitazioni. I maggiori limiti sono rappresentati dall'impossibilità di recuperare o amplificare il DNA in alcuni campioni; le condizioni di stoccaggio, tra cui luce, temperatura e microrganismi possono provocare danni alle molecole di DNA e renderlo illeggibile.

Inoltre, è stato osservato che alcuni metaboliti secondari come polisaccaridi, polifenoli e lattoni terpenoidi interferiscono con il processo di estrazione del DNA (Gavin-King et al., 2018). La purezza e l'integrità del DNA sono fondamentali per quanto riguarda il DNA barcoding, e possono rappresentare un grosso limite per il test (Huang, 2015).

Un altro limite riguarda il fatto che le metodologie di DNA barcoding attualmente utilizzate non sono adatte a fornire rilevazioni quantitative accurate e affidabili dell'abbondanza relativa delle specie bersaglio in una miscela di ingredienti botanici (Osman et. al, 2019), non è possibile dunque definire quanto materiale estraneo è presente all'interno del prodotto.

3.3.2. *Polymerase chain reaction (PCR)*

Diversi metodi basati sulla reazione a catena della DNA polimerasi, in inglese *polymerase chain reaction* (PCR), sono stati proposti come mezzi utili per identificare le specie di origine negli alimenti, allergeni alimentari o organismi geneticamente modificati (OGM).

Le tecniche basate sulla PCR hanno un alto potenziale di rilevamento e autenticazione degli adulteranti per merito della loro elevata specificità e sensibilità, dei tempi di elaborazione rapidi e del basso costo.

Lo scopo della PCR è amplificare il DNA, ovvero produrre un elevato numero di copie di uno specifico frammento di DNA con l'aiuto di un primer specifico. Singole o poche copie di un particolare segmento di DNA vengono amplificate in migliaia o milioni di copie che possono essere analizzate mediante elettroforesi su gel.

Sono varie le tecniche molecolari frequentemente adottate nell'autenticazione degli alimenti.

Tra questi, il DNA polimorfico amplificato casuale (RAPD) è ampiamente utilizzato per il rilevamento di adulteranti in campioni di alimenti commerciali perché ha la capacità di distinguere diverse specie di piante con rapidità e non è richiesta alcuna informazione della sequenza precedente. Ha lo svantaggio di essere altamente suscettibile a leggere variazioni nelle condizioni di amplificazione il che porta a scarsa riproducibilità e lo rende meno affidabile (Marieschi et al., 2009).

SCAR-PCR, regioni amplificate caratterizzate da sequenza (SCAR), corregge gli inconvenienti di RAPD utilizzando la versione avanzata di RAPD. SCAR-PCR che ha dimostrato di essere un metodo più sensibile, veloce e affidabile per rilevare agenti di carica nello zafferano, curcuma e zenzero (Negi et al., 2021).

Vantaggio principale degli SCAR è che sono veloci e facili da usare. Inoltre, gli SCAR hanno un'elevata riproducibilità e sono locus-specifici. Gli svantaggi includono la necessità di dati di sequenza per progettare i primer PCR.

Mediante la PCR real time (conosciuta anche come qPCR, ovvero *Quantitative PCR*) il segmento di DNA può essere amplificato e quantificato simultaneamente. Nella *PCR real time*, l'accumulo del prodotto di amplificazione viene misurato man mano che la reazione progredisce, in tempo reale con la quantificazione del prodotto dopo ogni ciclo. Uno dei principali vantaggi di utilizzare la *PCR real time* è che consente di capire qual è il numero iniziale di copie di DNA con estrema precisione, inoltre i dati della qPCR hanno modo di essere valutati anche senza l'utilizzo di elettroforesi su gel. Ciò consente di aumentare sensibilmente la produttività del processo. Questo metodo permette dunque analisi altamente specifiche, sensibili, quantitative e rapide. Caratteristiche che l'hanno reso uno degli strumenti analitici più validi per l'analisi di adulteranti alimentari e allergeni. Oltre all'accuratezza e affidabilità del metodo un notevole punto di forza è dato anche

dalla capacità di riuscire ad amplificare DNA altamente frammentato proveniente da campioni altamente processati (Negi et al., 2021).

L'approccio basato su qPCR è stato utilizzato per rilevare la presenza di papaya (*Carica papaya*), mais (*Zea mays*) e peperoncino (*Capsicum annuum*) presenti contemporaneamente in campioni di pepe (*Piper nigrum*) (Sousa et al., 2019).

Nel 2015 diversi prodotti a base di cumino e paprika sono stati oggetto di un costoso ritiro dal mercato internazionale a causa della sospetta presenza non etichettata di mandorla, un noto allergene appartenente al genere *Prunus*. Le comuni tecniche di rilevamento degli allergeni, come i test immunologici, hanno avuto difficoltà a distinguere tra contaminanti appartenenti allo stesso genere e quindi strettamente correlati e nessuna delle tecniche applicate poteva definire se nei campioni fosse presente mandorla o mahaleb (una spezia aromatica che si ottiene dai semi di una specie di ciliegio *Prunus mahaleb*) o entrambi. L'approccio del DNA è stato fondamentale per la corretta identificazione degli adulteranti. In particolare, la real time PCR è stata utilizzata con successo per dimostrare che mahaleb è stato aggiunto in modo fraudolento al campione di cumino (Burns et al., 2016).

I limiti per i test PCR riguardano il numero di specie bersaglio che possono essere identificate e differenziate contemporaneamente e la necessità di conoscere quali specie cercare (Hoffman et al., 2021).

3.3.3. Sequenziamento di nuova generazione (NGS)

Il sequenziamento dell'intero genoma sta diventando una possibilità sempre più attuale e attraverso *Next Generation Sequencing (NGS)* ha il potenziale per diventare un efficace metodo di rilevamento dell'adulterazione e sofisticazione alimentare. Il sequenziamento di nuova generazione (NGS) sta emergendo come una nuova tecnica non mirata basata sul DNA, anche se finora è stato svolto poco lavoro in quest'area a causa del complesso flusso di lavoro e degli alti costi associati a questo metodo (Burns et al., 2016).

NGS è un metodo utilizzato per determinare una parte della sequenza nucleotidica del genoma di un individuo. Questa tecnica utilizza tecnologie di sequenziamento del DNA in grado di elaborare più sequenze di DNA in parallelo. Nel materiale vegetale, viene utilizzata una singola regione del codice a barre univoco del DNA vegetale per i test universali che amplificano alcune centinaia di coppie di basi. Questa regione è scelta per essere estremamente variabile tra le specie vegetali e dovrebbe differenziare in modo attendibile le piante fino al genere o al livello di specie. In pratica il sequenziamento di nuova generazione è in grado di rilevare il DNA di qualsiasi materiale vegetale, per ottenere questo risultato è però fondamentale che ci sia un importante processo di valutazione di dati bioinformatici e un confronto delle sequenze nucleotidiche presenti nei database. Qualsiasi specie rilevata dovrebbe avere dati sulle sequenze di DNA disponibili nei database chiare e ben definite. La qualità e l'accuratezza delle banche dati utilizzate assumono quindi una rilevanza centrale. Il sequenziamento di nuova generazione, quando usato come tecnica per autenticare spezie e erbe aromatiche mostra alcune carenze (ESA, 2019). Naturalmente non è possibile rilevare materiale endogeno che condivide lo stesso DNA dell'ingrediente autentificato o adulteranti minerali che non contengono DNA.

La presenza di DNA con scarsa integrità e purezza rappresenta un limite non trascurabile per l'analisi; infatti, il materiale vegetale altamente trasformato è difficile da rilevare con precisione perché contiene DNA degradato. Di conseguenza, NGS dovrebbe essere utilizzato come un potente strumento secondario per confermare o/e identificare aggiunte di materiali vegetali esogeni che sono già stati rilevati da metodi di riferimento (Negi et al., 2021).

Inoltre, i metodi basati sull'analisi del DNA descritti sono qualitativi. I metodi quantitativi spesso comportano un'elevata incertezza di misura (Burns et al., 2016). La quantificazione delle diverse componenti vegetali di un campione è un grosso limite nel campo dell'autenticazione delle spezie e delle erbe. Le concentrazioni, espresse in percentuali di sequenze di DNA letto, dipendono strettamente sia dalla quantità di DNA nei componenti (che può essere molto variabile) sia dall'efficienza e velocità di estrazione del DNA. La quantificazione NGS non distingue chiaramente tra l'aggiunta di agenti di carica vegetali e la contaminazione naturale da materiale vegetale estraneo che può avvenire durante la coltivazione o la raccolta, dunque, c'è il rischio che una contaminazione accidentale di basso livello possa essere erroneamente interpretata come sostituzione intenzionale.

Nonostante questi importanti limiti i progressi nelle tecnologie PCR e NGS stanno migliorando e le pratiche NGS stanno per essere standardizzate a livello internazionale (ISO) per ridurre le discrepanze dei risultati provenienti da diversi laboratori. (Burns et al., 2016).

4. AZIONI DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO PER LE FRODI DI ERBE E SPEZIE

La frode nella catena di approvvigionamento alimentare globale sta diventando sempre più comune a causa degli enormi profitti associati a questo tipo di attività criminale. Particolarmente vulnerabili sono i prodotti alimentari e gli ingredienti costosi che fanno parte di catene di approvvigionamento complesse. Sia le erbe che le spezie si adattano perfettamente a questi criteri e le strategie per rilevare l'adulterazione fraudolenta sono ancora tutt'altro che solide (Black et al. 2016).

I fattori trainanti che possono influenzare la possibilità di azioni fraudolente includono la lunghezza della catena di approvvigionamento, la storia delle frodi, la stagionalità e la disponibilità del raccolto, gli eventi meteorologici, i disastri naturali, gli eventi culturali e geopolitici, la situazione economica, l'applicazione della legislazione alimentare, la prevalenza della corruzione e la disponibilità di progressi tecnologici per mascherare le frodi (Maquet et al., 2021).

Il mercato globale delle erbe e delle spezie è complesso ed è composto da diverse e lunghe catene di approvvigionamento e prodotti provenienti da aziende molto variegata tra loro, che vanno dai produttori su larga scala ai piccoli proprietari. Molte erbe e spezie, in molte regioni del mondo, crescono spontanee e vengono coltivate su scala di sussistenza ma spesso nella catena di approvvigionamento ci sono molti intermediari, dall'agricoltore, al raccoglitore, al trasformatore, a chi effettua la spedizione.

Dato che molte erbe e spezie possono avere un alto valore intrinseco, la protezione contro l'adulterazione e la sostituzione assume un'importanza rilevante per chi le produce. Le aziende alimentari devono garantire controlli e misure di mitigazione adeguati per prevenire o rilevare le vulnerabilità di questi prodotti altamente suscettibili a manipolazioni fraudolente. Come per ogni materia prima, maggiori risorse dovrebbero essere predisposte per agire sulla prevenzione piuttosto che sull'individuazione dei problemi.

Lo scopo di questo capitolo è esporre le migliori pratiche del settore sulla valutazione della vulnerabilità per spezie e erbe aromatiche, al fine di mitigare potenziali azioni di adulterazione e sofisticazione, determinare i potenziali punti deboli nelle catene di approvvigionamento e discutere quali misure potrebbero essere intraprese per rafforzare la protezione dei consumatori.

4.1. Misure preventive

Affrontare e prevenire le frodi alimentari, riducendo la causa principale dell'atto è fondamentalmente diverso dall'affrontare altre questioni alimentari come la qualità alimentare, la sicurezza alimentare o la difesa alimentare, perché non si applica una valutazione del rischio per la sicurezza alimentare tradizionale (Splink et al., 2016). La prevenzione delle frodi alimentari è una sfida più complessa poiché i truffatori sono spesso opportunisti, pazienti, spesso ben informati e cercano attivamente di evitare di essere scoperti. Chi commette la truffa non ha bisogno di agire immediatamente e può aspettare un'opportunità o che una situazione sorvegliata diventi vulnerabile. Per queste ragioni è importante comprendere dove e come queste opportunità possono manifestarsi e adoperarsi per ridurre l'attaccabilità di questi punti.

4.1.1. Comprensione della tipologia di prodotto

Durante qualsiasi acquisto di una materia prima o di un prodotto è fondamentale ricevere, una specifica completa di accompagnamento che consenta una chiara comprensione della natura e dei dettagli dell'alimento in questione. Le specifiche dettagliate dovrebbero includere (BRC-FDF-SSA, 2016):

- Specie botanica: questo è un indicatore chiave che consente di differenziare due prodotti simili. Ad esempio, nel caso della cannella (*Cinnamomum verum*) e della cassia (*Cinnamomum aromaticum*), entrambe chiamate cannella, la specie determina l'ingrediente genuino. L'ESA Associazione europea delle spezie, ha stilato un elenco dettagliato con i nomi comuni e relative specie botaniche delle spezie e erbe più comunemente commercializzate nel mercato europeo (ESA, 2018b)
- Devono essere elencati la descrizione completa del prodotto e tutti gli ingredienti con eventuali rischi noti dovuti agli allergeni o a contaminazioni incrociate. Deve essere riportata la dichiarazione di eventuali "processi di standardizzazione" e è necessario tenere conto anche di eventuali dichiarazioni sul prodotto finale (ad es. biologico o di origine).
- Attributi chiave ad es.: contenuto di piperina nel pepe; di curcumina nella curcuma; di capsaicina nei peperoncini; forza colorante/contenuto di safranale nello zafferano; e attributi fisici (ad es. dimensione delle particelle, densità apparente, ecc.).

Il valore delle erbe e delle spezie si basa su varie caratteristiche intrinseche che determinano il gusto, il sapore o il colore. La qualità o il grado di tali caratteristiche, insieme al peso del prodotto, sono fondamentali per determinare il valore e il prezzo dell'erba o della spezia (Maquet et al., 2021).

Per i prodotti macinati, frantumati o sminuzzati è essenziale sapere dove sono avvenuti i processi di trasformazione e chi possedeva la materia prima al momento della riduzione delle dimensioni. La macinazione o la miscelazione di spezie e erbe aromatiche sono un punto della catena di approvvigionamento molto delicato, in quanto il rischio di adulterazione e sofisticazione aumenta enormemente. La conoscenza delle proprietà del prodotto in questo punto della filiera costituisce una parte fondamentale della valutazione del rischio.

Come storicamente evidenziato, nella maggior parte dei casi la riduzione delle dimensioni delle particelle può nascondere molto efficacemente l'adulterazione. A seconda della natura esatta dell'adulterante, potrebbero essere già disponibili metodi analitici adeguati per identificare la frode ma in ogni caso questo passaggio di trasformazione del prodotto la rende più difficile da rilevare. Un'altra considerazione da valutare è se l'ingrediente sia composto da una singola materia prima o se è composto da più componenti e viene lavorato da più di un'entità, questo ultimo caso può aumentare la vulnerabilità alle frodi.

Nel momento del ricevimento del materiale è opportuno esaminarlo per assicurarsi che soddisfi le conformità e le specifiche concordate. I materiali non conformi devono essere smaltiti o restituiti al fornitore in modo tempestivo. Inoltre la segnalazione alle autorità di problemi con conseguenze sulla sicurezza alimentare è un obbligo legale ai sensi della legislazione dell'UE ma anche nei casi in cui non si è legalmente obbligati a segnalare un problema alle autorità, se viene riscontrato un problema di integrità o autenticità con un prodotto, sarebbe buona norma condividere le informazioni in merito con le autorità e con le associazioni di categoria o

gli organismi appropriati per informare della presenza di una non conformità e potenziale pericolo nel settore (BRC-FDF-SSA, 2016).

4.1.2. Comprensione delle vulnerabilità nella catena di approvvigionamento

Comprendere i fattori che possono influenzare il mercato è di primaria importanza per mettere in atto misure preventive nelle decisioni di acquisto (BRC-FDF-SSA, 2016). I fattori da considerare includono:

- Conoscere il mercato commerciale, ad esempio chiedere chiarimenti se il prodotto macinato viene offerto al di sotto del prezzo di mercato del prodotto intero, questa situazione potrebbe suggerire che la purezza del prodotto è stata compromessa e potrebbero essere necessarie ulteriori indagini. Monitorare l'andamento dei prezzi di mercato potrebbe essere utile per prevedere dinamiche ingannevoli.
- Conoscere i cicli di raccolta. Questo aspetto può influenzare la disponibilità e la qualità dei prodotti. Solitamente il nuovo materiale raccolto arriva nel mercato UE due o più mesi dopo l'inizio del raccolto. Di conseguenza, se una determinata regione di produzione subisce un qualche tipo di evento straordinario (ad esempio un uragano o un lungo periodo di siccità), la fornitura di tale prodotto con quella determinata origine può risentirne immediatamente o fino a 18 mesi dopo, a seconda degli stock già presenti. In questi casi il rischio di frodi può aumentare in quando la ridotta offerta potrebbe ingolosire qualche produttore ad avvantaggiarsi con comportamenti fraudolenti.

Oltre alle questioni legate al mercato, nella catena di approvvigionamento sono presenti molti altri fattori di vulnerabilità che è bene comprendere per tutelarsi.

Una catena di approvvigionamento con molti punti di contatto e transazioni introduce maggiori opportunità di frode. Per combattere queste situazioni che espongono al pericolo di frodi, le aziende dovrebbero cercare di avere una conoscenza approfondita di tutti i punti di contatto per la merce che stanno acquistando.

Per abbassare il rischio si può lavorare per accorciare le catene di approvvigionamento escludendo parte degli intermediari. Laddove ciò non sia possibile, le aziende dovrebbero prendere consapevolezza di tutte le vulnerabilità e valutare e predisporre delle azioni di mitigazione nei punti di contatto in cui è stato notato un rischio significativo.

Comprendere le vulnerabilità e mitigarle è un processo continuo che richiede revisioni periodiche e sempre aggiornate. Per mappare la catena di approvvigionamento dal punto di vista dell'autenticità degli alimenti, vanno considerate le possibili vulnerabilità in ogni sua fase. Possono essere presi in considerazione i seguenti punti (BRC-FDF-SSA, 2016):

- Numero di paesi e luoghi attraverso i quali l'ingrediente è transitato e numero di intermediari da cui stato lavorato o comunque gestito. È importante che tutti questi passaggi siano trasparenti e visibili;
- Cronologia delle frodi per un particolare ingrediente o categoria di ingredienti, in quanto ciò può essere ritenuto un campanello dall'allarme e indicare possibili vulnerabilità future;

- Stagionalità e disponibilità del prodotto. La disponibilità dell'approvvigionamento può essere influenzata da eventi meteorologici o disastri naturali (ad es. siccità, inondazioni, terremoti) o anche da eventi culturali e geopolitici (ad es. sicurezza alimentare, instabilità politica, guerre) che possono avere un impatto importante sulla catena di approvvigionamento globale;
- Indicatori economici che rendono le frodi più attraenti (paesi poveri in cui i vantaggi derivanti da pratiche fraudolente diventano più attraenti);
- Prevalenza della corruzione o di qualsiasi altra influenza sull'etica degli affari;
- Assenza o scarsa presenza di leggi sulla sicurezza alimentare, ovvero il livello di avanzamento dei controlli alimentari e dei quadri normativi oltre alla loro applicazione;
- Progressi tecnologici per mascherare le frodi alimentari.

Dopo aver identificato le vulnerabilità e aver mappato la catena di approvvigionamento dal punto di vista dell'autenticità degli alimenti, ogni dato, rilevazione o informazione ottenuta dovrebbe essere valutata e disposta in ordine di priorità per iniziare ad agire per mitigare i rischi identificati.

Oltre ai controlli interni delle imprese e alla raccolta di informazioni disponibili, le misure di verifica possono includere anche la richiesta di invio di campioni per l'approvazione prima dell'acquisto oppure una prova di autenticità mediante la fornitura di certificati da parte del fornitore che ne attestino le conformità.

4.1.3. Garanzia del fornitore

L'affidabilità del fornitore è un fattore importante per assicurarsi l'integrità dei prodotti. L'utilizzo di fornitori approvati e certificati può influire molto sull'obiettivo di costruire una catena di approvvigionamento sicura e di conseguenza di ridurre le opportunità di frode.

Costruire una partnership con il fornitore o adottare una relazione più proattiva fornisce un'ulteriore supervisione per garantire che entrambe le parti comprendano le preoccupazioni relative ai crimini alimentari associati allo specifico prodotto. In molti casi, la sola supervisione funge da deterrente se il fornitore sta valutando la possibilità di commettere una frode.

Altro strumento a disposizione delle aziende è la possibilità di avviare approfondimenti sulla salute finanziaria di un fornitore. Gli audit delle finanze di un fornitore possono rivelare vulnerabilità che potrebbero indicare un potenziale evento di frode. Nelle revisioni possono essere esaminati gli acquisti di materie prime da parte del fornitore e rivelare se sono stati acquistati materiali sospetti o che non rientrano nelle formule dei prodotti offerti. Gli audit finanziari possono anche essere associati alle attività di bilancio di massa. Questa attività consiste in una contabilità del materiale in entrata e in uscita da un sistema. È uno strumento efficace che aiuta a determinare se la quantità di materiali in ingresso è uguale a quella che ci si aspetterebbe dai prodotti in uscita (Hoffman et al., 2021). Nel momento in cui risultano squilibri significativi, come un rendimento di produzione molto più elevato rispetto a un input molto più basso, può essere sospetta una possibile pratica illecita e possono essere svolte ulteriori indagini per determinare il motivo di tali squilibri.

Anche l'attività di revisione delle certificazioni e delle documentazioni può essere utile per rilevare le frodi. Ciò è particolarmente rilevante nel controllo dei certificati emessi per determinate dichiarazioni di prodotto, come un'affermazione biologica. Gli acquirenti di erbe e spezie biologiche, in particolare, possono verificare lo stato del certificato biologico confrontandolo attraverso i database di certificazione biologica.

Sulla base della catena di approvvigionamento e della garanzia del fornitore possono essere identificate cinque diverse categorie di rischio (USP, 2016):

- Basso: l'ingrediente non proviene da terzi ma proviene direttamente dall'azienda produttrice di alimenti. Nel caso di ingredienti agricoli, l'azienda produce il prodotto agricolo grezzo che viene utilizzato come ingrediente. Ad esempio, l'azienda coltiva i peperoni che utilizzerà per produrre la paprika.
- Medio-Basso: l'ingrediente proviene da un noto fornitore di fiducia che coltiva direttamente il prodotto agricolo grezzo. Utilizzando l'esempio sopra descritto, il fornitore possiede i campi in cui vengono coltivati i peperoni e possiede l'impianto in cui i peperoni vengono trasformati in paprika. In questo scenario, il fornitore non acquista prodotti agricoli grezzi o trasformati da un altro fornitore. Qui la vulnerabilità è limitata dalla conoscenza e dalla fiducia del fornitore.
- Medio: l'ingrediente proviene da un fornitore che produce l'ingrediente ma acquista prodotti agricoli grezzi da un'altra parte. Qui c'è una preoccupazione limitata per la possibile adulterazione del prodotto agricolo grezzo da parte di soggetti sconosciuti. Tuttavia, spetta al fornitore principale garantire che il suo fornitore (fornitore secondario) disponga di programmi di prevenzione delle frodi efficaci.
- Medio-alto: L'ingrediente è composto da una miscela di componenti ciascuno prodotto da terzi oppure l'ingrediente è soggetto a lavorazione da parte di un produttore terzo prima della lavorazione finale da parte del fornitore. Ad esempio, il fornitore potrebbe fungere da intermediario e miscelare, riconfezionare o rielaborare in altro modo ingredienti di altri fornitori. Il grado di vulnerabilità aumenta con il numero di fornitori coinvolti nel processo.
- Alto: questo scenario descrive la situazione in cui un ingrediente proviene dal mercato libero e si presuppone che la capacità dell'acquirente di verificare che la catena di approvvigionamento sia integrata e che siano in atto controlli adeguati a prevenire le frodi sia limitata. Ciò non significa che tutti gli ingredienti acquistati sul mercato libero siano vulnerabili alle frodi ma che presumibilmente l'acquirente ha meno possibilità di verificare che le procedure per prevenire le frodi siano in atto.

In sintesi, la vulnerabilità presentata dalla catena di approvvigionamento è correlata sia alla quantità di controllo da parte dell'utente finale sia alla quantità di trasparenza che l'utente finale ha a disposizione da parte dei fornitori dell'ingrediente (USP, 2016).

4.2. Misure di verifica e rilevazione

Prevenire è sempre meglio che rilevare. I test possono essere utilizzati per verificare che le misure preventive siano efficaci e possono aiutare a rilevare i problemi, ma non dovrebbero essere considerati come un unico punto di controllo (BRC-FDF-SSA, 2016).

I programmi di campionamento e ispezione dovrebbero basarsi sulle vulnerabilità note e sulla conoscenza delle attività di garanzia della catena di approvvigionamento. L'approccio di campionamento deve essere appropriato per la sostanza da sottoporre a test o ispezione, adatto allo scopo e applicato in modo da garantire che il campionamento sia rappresentativo del lotto.

Il "Quality Minima Document" della European Spice Association descrive i limiti dei parametri chiave per erbe e spezie essiccate all'interno dell'UE, ed elenca anche alcuni metodi analitici raccomandati (ESA, 2018c). Oltre ad avere un dialogo informato con il laboratorio di analisi è importante accertarsi che il laboratorio sia opportunamente accreditato e competente per eseguire il test sulla matrice richiesta. Anche il metodo di test deve essere appropriato per la matrice da testare e deve soddisfare lo scopo per il quale viene eseguito il test. Per ideare una strategia di test, anzitutto è importante avere chiaro l'obiettivo del test e quali informazioni si vogliono ottenere, in quanto ciò è indispensabile per capire se il test è necessario e per ideare una strategia di test adeguata e in grado di soddisfare le esigenze.

I fattori da considerare nella scelta di un metodo di prova appropriato includono il tipo di materiale da testare, la modalità di selezione del campione e l'idoneità dei metodi di prova disponibili, compresi i loro limiti (i punti di forza e i limiti dei metodi analitici più utilizzati per rilevare frodi in erbe e spezie sono stati trattati al capitolo due).

Il tipo di materiale testato può avere un effetto notevole sulla capacità di rilevare con precisione o, dove possibile, quantificare la sostanza di interesse. Un determinato test in alcune situazioni potrebbe anche indicare che una sostanza è presente quando non lo è, ad esempio, a causa di reattività incrociata con altre specie correlate (BRC-FDF-SSA, 2016). Le erbe e le spezie spesso risultano essere delle matrici complesse e impegnative da analizzare, soprattutto per i prodotti miscelati, in quanto possono contenere componenti chimicamente reattive. Non sempre sono disponibili metodi analitici adeguati e accurati per la matrice di interesse e il focus dell'attività di garanzia sarà quindi sulle misure preventive.

4.3. Sviluppo della strategia di mitigazione del rischio

È importante capire le opportunità di frode in modo che possano essere selezionate contromisure o sistemi di controllo efficienti ed efficaci. Queste azioni se svolte in maniera ottimale sono più decisive del semplice arresto di truffatori, sequestro di cibo fraudolento o metodi di rilevamento migliori (Splink et al., 2016).

Le azioni inerenti alle contromisure delle frodi alimentari rientrano in cinque categorie distinte (Splink et al., 2016):

- rilevare: identifica l'opportunità di frode valutando i punti lungo la catena alimentare in cui esistono vulnerabilità;

- monitorare: mappare le varie filiere alimentari per garantire che ogni area di produzione e commercio sia nota. Attuare una sorveglianza continua lungo le filiere;
- scoraggiare: affrontare e ridurre l'opportunità di commettere un tipo di frode. Garantire che le sanzioni per le frodi alimentari siano dissuasive e fungano da deterrente sufficiente;
- prevenire: convincere il truffatore a non tentare nemmeno di commettere una frode o ad attaccare il sistema;
- interrompere: in alcuni casi i truffatori non possono essere assicurati alla giustizia, ma la frode stessa deve essere interrotta.

Lo scenario che presenta la maggiore vulnerabilità per l'adulterazione è quando gli ingredienti provengono da più fonti in un mercato aperto dove c'è una conoscenza limitata del fornitore e quando l'ingrediente, a causa dello stoccaggio, del trasporto o della lavorazione, è gestito da più parti e l'identità della fonte viene persa o non viene tracciata attivamente, come quando gli ingredienti vengono miscelati.

La vulnerabilità di un ingrediente alimentare alle frodi aumenta con la complessità della catena di approvvigionamento. Sebbene ciò sia correlato alla tracciabilità di un ingrediente attraverso la catena di approvvigionamento, la tracciabilità in assenza di supervisione e controlli non preclude il potenziale di frode (UPS, 2016).

Una strategia di controllo ha lo scopo di descrivere la vulnerabilità di una catena di approvvigionamento alla frode alimentare. Questa operazione viene eseguita tramite l'utilizzo di audit, i quali sono sistemi di garanzia eseguiti per verificare la conformità di un fornitore agli standard e alle specifiche contrattuali stipulati tra un acquirente (cliente) e un fornitore (UPS, 2016). In generale, la strategia è più solida quando utilizza un programma maturo e con audit diretti effettuati in loco presso le strutture del fornitore. Audit cartacei eseguiti da una terza parte consentono una strategia meno rigorosa, inoltre gli audit andrebbero eseguiti con una frequenza proporzionale alla vulnerabilità.

I fattori che influenzano la vulnerabilità di una strategia di audit comprendono una varietà di elementi.

A partire dalla fase di ricezione delle materie prime, un audit dovrebbe esaminare le pratiche intraprese dai singoli fornitori per garantire l'integrità, la tracciabilità e la sicurezza della propria catena di approvvigionamento. Questo passaggio dovrebbe concentrarsi sulla determinazione se il fornitore ha implementato misure di controllo commisurate a qualsiasi potenziale vulnerabilità per garantire che le sue materie prime non siano state manipolate, sostituite, diluite o manomesse in modo fraudolento prima di raggiungere la loro struttura.

Dopo aver esaminato la ricezione delle materie prime, gli auditor dovrebbero ispezionare l'integrità del processo utilizzato dal fornitore per trasformare le materie prime nell'ingrediente finito acquistato dal cliente. Ad esempio, un revisore può eseguire una visita fisica dell'intera catena di lavorazione per garantire che il fornitore stia effettivamente trasformando le materie prime autentiche in un ingrediente finito e non manometta o sostituisca le materie prime durante la catena di lavorazione. Ciò dovrebbe essere verificato anche attraverso un controllo del bilancio di massa esaminando la documentazione storica che documenta il tonnellaggio delle

materie prime ricevute e il prodotto finito spedito. Le discrepanze potrebbero indicare diluizione o sostituzione durante l'elaborazione.

Ulteriori misure antifrode durante gli audit dei fornitori potrebbero includere interviste con il personale del fornitore per valutare se si possono verificare attività sospette oppure raccogliere e analizzare campioni di alimenti per verificare le dichiarazioni dei fornitori.

Al termine di una complessiva caratterizzazione delle vulnerabilità, il passaggio successivo consiste nello sviluppo di un'adeguata strategia di mitigazione. L'obiettivo è ridurre le vulnerabilità a un livello accettabile sulla base delle potenziali implicazioni per la sicurezza alimentare e sulle possibili conseguenze legate all'impatto economico dell'azienda.

Lo sviluppo di una strategia di mitigazione deve essere un processo iterativo secondo cui un'azienda dopo aver valutato e implementato le varie opzioni per mitigare le vulnerabilità, determini se queste siano state ridotte attraverso una successiva caratterizzazione delle vulnerabilità (UPS, 2016). Se tale caratterizzazione indica che ci sono ancora vulnerabilità che devono essere affrontate, il ciclo dovrebbe essere eseguito di nuovo. È importante notare che la caratterizzazione della vulnerabilità non è statica in quanto i cambiamenti di uno qualsiasi dei fattori (l'economia e la situazione geopolitica di una regione di origine o il cambiamento nella catena di approvvigionamento) possono implicare la necessità di un aggiornamento della caratterizzazione delle vulnerabilità.

Dopo aver esaminato i risultati della caratterizzazione complessiva delle vulnerabilità ci si può trovare di fronte a tre diversi scenari (verde, arancione e rosso), i quali suggeriscono quali azioni intraprendere:

- se la caratterizzazione iniziale delle vulnerabilità risulta verde, significa che la situazione è ottimale e possono essere valutati nuovi controlli facoltativi;
- se il risultato è arancione dovrebbero essere presi in considerazione nuovi controlli. Bisogna considerare se le vulnerabilità sono accettabili e, in caso contrario, determinare dove applicare le risorse di mitigazione per ridurle ad un livello accettabile di vulnerabilità;
- se il risultato è rosso, nuovi controlli sono fortemente consigliati. Va determinato come e dove applicare le risorse di mitigazione per passare dal rosso all'arancione o al verde.

L'approccio per affrontare le questioni messe in mostra dai risultati arancioni e rossi inizia con la revisione dei fattori controllabili e la determinazione dei controlli più efficaci ma comprende anche l'inclusione di un'analisi costi-benefici, per determinare su quale fattore controllabile l'investimento di risorse produrrebbe il massimo miglioramento a parità di costo. Altre considerazioni includono (UPS, 2016):

- assegnare priorità alle potenziali azioni considerando i fattori più sotto il proprio controllo, e quindi in grado di influenzare maggiormente il contributo complessivo dei fattori che contribuiscono alla vulnerabilità. Ad esempio, alcune aree di vulnerabilità come considerazioni geopolitiche potrebbero essere vulnerabilità parzialmente intrinseche all'ingrediente e quindi meno controllabili, mentre la frequenza dei test può essere completamente controllabile dall'azienda;

- considerare se ci sono altri fattori attenuanti/aggravanti che possono essere presi in considerazione. Ad esempio, un ingrediente ampiamente utilizzato nella produzione può richiedere maggiore attenzione rispetto a un ingrediente utilizzato in un singolo prodotto o comunque con un'incidenza molto minore. L'uso di quest'ultimo articolo, anche se vulnerabile, potrebbe avere un impatto sull'azienda abbastanza basso da considerare il fatto che investire delle risorse di mitigazione o cercare un ingrediente alternativo non valga il rischio;
- considerare le risorse aziendali per affrontare le vulnerabilità, ad esempio, il test sul materiale in entrata potrebbe richiedere meno risorse rispetto allo sviluppo di un programma di audit completo;
- considerare il possibile utilizzo di risorse esterne per affrontare e risolvere eventuali vulnerabilità identificate. Questi potrebbero includere associazioni di categoria o gruppi di aziende che hanno già organizzato audit o programmi di mitigazione del rischio di frodi alimentari sugli stessi ingredienti.

4.3.1. Esempio illustrativo: implementazione di un piano strategico di mitigazione

Questo esempio illustrativo riportato in *Guidance on Food Fraud Mitigation* (UPS, 2016), mostra una situazione teorica in cui un produttore di alimenti finiti ha recentemente cambiato fornitore per l'ingrediente immaginario, "Z" invogliato dal prezzo più competitivo del nuovo fornitore. Il produttore del prodotto finito esegue una valutazione di vari fattori che contribuiscono al rischio di frodi alimentari e identifica alcune potenziali vulnerabilità (tabella 4):

- "Z" è un ingrediente di alto valore coltivato in una sola regione del mondo; nella quale negli ultimi anni sono presenti disordini civili e durante questo periodo il prezzo di mercato dell'ingrediente è raddoppiato;
- "Z" proviene da un fornitore nuovo con il quale il produttore di alimenti finiti non ha mai avuto rapporti. Questo intermediario opera nel mercato libero e da una ricerca da parte del produttore è risultato che al nuovo fornitore sono state notificate alcune violazioni igienicosanitarie minori ma ricorrenti;
- di recente sono stati pubblicati diversi incidenti ben comprovati in cui "Z" è stato diluito con una componente di valore inferiore, in modo da riuscire ad offrire l'ingrediente a prezzi apparentemente inferiori;
- il produttore ha storicamente investito poche risorse nei test di "Z" e non ha mai sviluppato una strategia di verifica in loco per l'ingrediente.

Tabella 4: valutazione delle vulnerabilità del produttore per l'ingrediente "Z" (UPS, 2016).

	FATTORE	Contributo alla vulnerabilità				
		Basso	Medio-basso	Medio	Medio-alto	Alto
Fattori controllabili	Catena di approvvigionamento					X
	Strategia di controllo				X	
	Rapporti con i fornitori				X	
	Storia delle problematiche del fornitore					X
	Metodi e specifiche				X	
	Frequenza dei test					X
Fattori non controllabili	Considerazioni geopolitiche					X
	Storia delle frodi					X
	Anomalie economiche					X

Fase 1: sulla base della valutazione dei fattori che contribuiscono al rischio di frode, il produttore ha eseguito una valutazione dell'impatto di tali fattori e ha determinato che i potenziali impatti sull'impatto economico dell'azienda è elevato, ma le potenziali implicazioni per la sicurezza alimentare sono moderate.

Fase 2: sulla base dell'integrazione dei fattori che contribuiscono al rischio di frode e delle valutazioni di impatto, l'azienda ha eseguito una caratterizzazione complessiva delle vulnerabilità. Ne è risultato che i nuovi controlli sono fortemente indicati.

Fase 3: caratterizzazione delle vulnerabilità dell'ingrediente "Z" e conseguenti modifiche alla strategia di mitigazione:

- sono state eseguite ulteriori indagini sul nuovo fornitore per vedere se erano presenti altri reclami dei clienti riguardanti la qualità degli ingredienti o se c'erano eventuali altri segnali di avvertimento;
- sulla base di alcuni segnali d'allarme emersi da questa ricerca, è stato deciso di tornare al fornitore precedente che era un fornitore integrato verticalmente per il produttore di alimenti e con il quale l'azienda aveva già avuto rapporti;
- la frequenza dei test dell'ingrediente è stata aumentata strategicamente;
- i metodi e le specifiche per l'ingrediente "Z" sono stati modificati per caratterizzare meglio l'ingrediente;

- la strategia di audit è stata migliorata con l'aggiunta di audit in loco del fornitore;
- non era possibile apportare modifiche alla regione di provenienza dell'ingrediente, ma ciò è stato documentato.

La modifica risultante alla valutazione delle vulnerabilità è presentata in tabella 5.

Tabella 5. Effetto delle strategie di mitigazione sulla base della valutazione dei fattori che contribuiscono al rischio di frode (UPS, 2016).

	FATTORE	Contributo alla vulnerabilità				
		Basso	Medio-basso	Medio	Medio-alto	Alto
Fattori controllabili	Catena di approvvigionamento		X			
	Strategia di controllo		X			
	Rapporti con i fornitori	X				
	Storia delle problematiche del fornitore		X			
	Metodi e specifiche	X				
	Frequenza dei test	X				
Fattori non controllabili	Considerazioni geopolitiche					X
	Storia delle frodi					X
	Anomalie economiche					X

Il cambiamento risultante nella caratterizzazione delle vulnerabilità mostra che poiché non è stata apportata alcuna modifica alla formulazione del prodotto finale (nessuna modifica all'esposizione degli ingredienti), la valutazione dell'impatto non cambia e ciò è stato documentato; tuttavia, il contributo totale dei fattori passa da medio-alto a basso.

Tutte le conclusioni e le azioni dovrebbero essere documentate. Inoltre, sarà necessario includere un programma continuo per garantire che non vi siano cambiamenti nelle ipotesi utilizzate per le valutazioni. Ad esempio, sarà importante continuare a valutare i cambiamenti nella cronologia delle frodi e nella situazione geopolitica oltre a monitorare le prestazioni dei fornitori e rivedere regolarmente gli audit e i risultati analitici definendo valori soglia che farebbero scattare una revisione delle vulnerabilità.

Il processo descritto sopra è dinamico e i cambiamenti che possono verificarsi possono essere dannosi o benefici. La revisione non dovrebbe essere un'attività una tantum ma dovrebbe rappresentare un impegno costante per cercare di mantenere la situazione ottenuta.

4.4. Ruolo del partenariato pubblico-privato

Quando si considera la prevenzione delle frodi alimentari, il problema risulta complesso e per affrontarlo in modo efficiente diventa fondamentale la cooperazione nazionale e internazionale tra il governo e l'industria. L'attuazione di una strategia di mitigazione del rischio delle frodi alimentari richiede: monitoraggio della vulnerabilità, rilevamento, deterrenza e intervento (interruzione e prevenzione dell'incidente) (Splink et al., 2016).

Tuttavia, per interagire con catene di approvvigionamento sempre più ampie, uno degli ostacoli più ardui che le aziende alimentari devono affrontare riguarda la mancanza di armonizzazione globale delle norme e degli standard di sicurezza alimentare. A questo problema si aggiungono altre difficoltà, tra cui la scarsa capacità di identificare prodotti fraudolenti, l'onerosità delle attività di indagine e la ridotta disponibilità di metodi per confermare la genuinità dei prodotti e delle materie prime.

Per affrontare e risolvere il problema alla radice, è quindi necessaria un'azione congiunta pubblico-privato.

I governi possiedono maggior controllo della catena di approvvigionamento alimentare ai valichi di frontiera e nella regolamentazione. L'industria ha invece il maggior controllo durante lo scambio della merce e alla vendita ai consumatori.

La prevenzione delle frodi alimentari si basa sulla presenza di un tutore capace e dotato di risorse adeguate. Da questo punto di vista i governi forniscono la leadership, stabiliscono la direzione, sviluppano la politica nazionale, introducono la legislazione e finanziano le aree problematiche. L'industria ha la responsabilità della sicurezza e dell'integrità del cibo che produce mentre il regolatore è responsabile della verifica che il cibo sia sicuro e autentico.

La prevenzione delle frodi alimentari è un compito molto complesso e interdisciplinare. Un limite importante è dovuto al fatto che i governi sono vincolati dai confini nazionali mentre i truffatori sono spesso multinazionali (Splink et al., 2016). La maggior parte delle grandi organizzazioni dell'industria alimentare opera anche in mercati multinazionali e ha una vasta esperienza e conoscenza delle condizioni commerciali globali e sulle pratiche fraudolente che incidono nei diversi segmenti di mercato.

Per ridurre le opportunità di frode è ottimale che i governi riuniscano tutte le agenzie di contrasto competenti per agire in modo multidisciplinare e coordinato e cooperare a livello internazionale e in collaborazione con le fonti dell'industria alimentare. Questa intersezione tra governi (pubblici) e industria (privati) è la definizione di un "partenariato pubblico-privato" (OECD, 2012).

Per affrontare e valutare le vulnerabilità delle frodi alimentari è stato elaborato un approccio strutturato, mirato e graduale su come e dove sviluppare strategie di prevenzione (Cavin et al., 2016).

Il processo FFVA (*Food Fraud Vulnerability Assessment*) ha lo scopo di guidare l'industria e le autorità governative verso lo sviluppo di una strategia di gestione delle frodi che dia priorità e concentri le risorse di mitigazione sia verso i prodotti che comportano la maggiore vulnerabilità, sia verso quei prodotti che hanno il potenziale per le conseguenze più dannose sulla salute pubblica e sull'impatto aziendale.

Questo tipo di analisi è adattabile ai singoli ambienti operativi che possono avere una diversa tolleranza al rischio per le frodi alimentari e un accesso diverso alle risorse per la mitigazione delle frodi.

Un FFVA è un esercizio molto utile per identificare le aree della catena alimentare in cui potrebbero esistere minacce o vulnerabilità e di conseguenza eventuali controlli da mettere in atto. Viene valutata l'efficacia di tali controlli per gestire la vulnerabilità e suggerisce altri controlli che potrebbero essere necessari. Un FFVA può anche determinare i driver e i fattori abilitanti della vulnerabilità, in questo modo è possibile concentrarsi sui dati che possono supportare l'identificazione della vulnerabilità o sullo sviluppo degli indicatori necessari basati sui driver chiave e sulla capacità analitica. Questi esercizi possono essere complessi e richiedere molto tempo, ma con un'adeguata competenza lo strumento FFVA può diventare un mezzo efficace per prevenire in modo proattivo le frodi alimentari in modo mirato (Splink et al., 2016).

La strategia per la prevenzione delle frodi alimentari si basa su diversi concetti di base che si applicano all'emergere della vulnerabilità al rischio. Le fasi generali di implementazione possono essere suddivise in diversi punti (Splink et al., 2016).

Il primo punto riguarda la revisione, che comprende l'assegnazione delle responsabilità e la proposta di una strategia di prevenzione completa. Dopo aver organizzato la task force e raccolto le informazioni di base, il passo successivo è quello di condurre uno screening iniziale di frode alimentare, una sorta di pre-filtro dei rischi a livello aziendale. A questo punto è possibile eseguire una valutazione della vulnerabilità delle frodi alimentari (FFVA) più mirata (SSAFE Organization, 2015). Questa fase di revisione si conclude presentando le vulnerabilità delle frodi alimentari ai decisori tramite una mappa dei rischi aziendali.

Una volta ricevuta l'approvazione e ottenuto un accordo per sviluppare una strategia di prevenzione delle frodi alimentari, questa può essere attuata. Durante lo sviluppo della strategia per la prevenzione delle frodi alimentari, è opportuno fare una selezione di contromisure e sistemi di controllo più efficienti ed efficaci per operare nei punti più appropriati della filiera alimentare.

L'ultimo aspetto del piano riguarda l'aggiornamento, è infatti fondamentale monitorare e aggiornare continuamente la strategia sviluppata per stare al passo con i possibili cambiamenti che possono verificarsi lungo tutta la filiera del prodotto.

5. CONCLUSIONI

Il mercato delle spezie e delle erbe aromatiche è altamente suscettibile alle frodi alimentari. Molto spesso le frodi vengono commesse in prodotti alimentari di alto valore e in quelli che provengono da catene di approvvigionamento complesse. Le erbe e le spezie si adattano a queste caratteristiche più di qualsiasi altro ingrediente alimentare e sono quindi altamente vulnerabili. Spezie e erbe aromatiche sono un bene commercializzato a livello globale e la loro filiera comprende molti intermediari prima di raggiungere gli utenti finali, questi passaggi determinano molteplici opportunità per compiere azioni fraudolente da parte di produttori e trasformati con lo scopo di migliorare il proprio guadagno economico.

La qualità e l'autenticità degli alimenti sono due elementi sempre più d'interesse nel commercio odierno, principalmente come conseguenza dell'aumento dell'industrializzazione e della globalizzazione delle filiere alimentari. Molti consumatori hanno perso la fiducia nel cibo che acquistano, per questo motivo l'industria alimentare ha riconosciuto la necessità di adottare misure più solide in termini di audit e test per prevenire le frodi in alimenti che possiedono un'alta vulnerabilità. Le frodi di erbe e spezie portano a prodotti di qualità inferiore e potenzialmente non sicuri per il consumo, questa preoccupazione non riguarda solo i consumatori finali ma anche le imprese in buona fede che devono interagire con fornitori poco accreditati.

L'adulterazione e la sofisticazione delle spezie sono azioni altamente dinamiche che sfruttano un'ampia gamma di adulteranti e di metodi e che necessitano di essere costantemente monitorati. L'industria è obbligata ad essere sempre vigile nel combattere i modi nuovi e creativi con cui i criminali cercando di frodare e questi prodotti ad alto valore. Per combattere efficacemente le frodi alimentari di spezie ed erbe aromatiche, sono state sviluppate varie tecniche analitiche all'avanguardia attraverso tecnologie diverse. Molte di queste altamente performanti e molto promettenti come le metodologie di autenticazione basate sul DNA. Tuttavia, il progresso in questo campo è ancora in evoluzione e per quanto i test analitici siano una componente fondamentale per il monitoraggio delle frodi delle spezie, esistono altri fattori attenuanti che possono essere valutati per ridurre la vulnerabilità della catena di approvvigionamento. La prevenzione è il mezzo più efficace per fronteggiare i problemi legati alle frodi alimentari e su cui è opportuno investire maggiori risorse. Le relazioni con i fornitori e la conoscenza approfondita della catena di approvvigionamento, insieme a tutte le informazioni riguardanti la storia del prodotto, sono preziose per identificare le vulnerabilità e applicare adeguate attività di mitigazione. In conclusione, le frodi di erbe e spezie possiedono una rilevanza nel commercio odierno che non può essere trascurata, in primo luogo, per il danno che subiscono i consumatori acquistando prodotti non sicuri o comunque con un valore minore rispetto a quello atteso e in secondo luogo, per i produttori che non dovrebbero essere soggetti alla concorrenza sleale di produttori e trasformati senza scrupoli.

I continui progressi nel rilevamento delle frodi dovrebbero continuare a essere perseguiti e sfruttati dalle autorità di ispezione alimentare e dagli operatori del settore alimentare, soprattutto in un ambito di prevenzione, per scoraggiare e rilevare casi di frode nelle catene di approvvigionamento di spezie e erbe aromatiche. Solo allora ci sarà un deterrente sufficiente per fermare l'attività fraudolenta in questi ingredienti alimentari ampiamente consumati.

BIBLIOGRAFIA

- ASTA (2015). American Spice Trade Association. Cleanliness specifications for spices, seeds and herbs. <http://www.ina.or.id/knoma-hpsp/herb/HPSP-12-Ollopp>.
- Bansal S., Singh, A., Mangal M., Mangal A. K., Kumar S. (2017). Food adulteration: Sources, health risks, and detection methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57 (6), 1174–1189.
- Bessaire T., Savoy M. C., Mujahid C., Tarres A., Mottier P. (2019). A new high-throughput screening method to determine multiple dyes in herbs and spices. *Food Addit. Contam.*, <https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1596320>.
- Black C., Haughey S.A., Chevallier O.P., Galvin-King P., Elliott C.T. (2016). A comprehensive strategy to detect the fraudulent adulteration of herbs: the oregano approach. *Food Chem.* 210, 551-557.
- Bouzemrak Y., & Marvin H. J. (2016). Prediction of food fraud type using data from Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) and Bayesian network modelling. *Food Control*, 61, 180-187.
- BRC-FDF-SSA (2016). British Retail Consortium, Food and Drink Federation, Seasoning and Spice Association. Guidance on authenticity of herbs and spices. Industry best practice on assessing and protecting culinary dried herbs and spices. <https://www.fdf.org.uk/globalassets/resources/publications/guidance-herbsandspices.pdf>.
- Burns M., Walker M., Wilkes T., Hall L., Gray K., Nixon G., 2016. Development of a real-time PCR approach for the specific detection of *Prunus mahaleb*. *Food Nutr. Sci.* 7, 703-710.
- Cavin C., Cottenet G., Blancpain C., Bessaire T., Frank N., Zbinden P. (2016). Food adulteration: from vulnerability assessment to new analytical solutions. *CHIMIA Int J Chem*, 70, 329-333.
- Capasso F. (2011). Fenilpropanoidi e fluoroglucinoli. In *Farmacognosia*, Springer, Milano, 243-261.
- CBI (2015a). CBI trade Statistics: Spices and herbs. CBI Ministry of Foreign Affairs Market Intelligence. www.cbi.eu/market-information.
- CBI (2015b). Culinary dried herbs in Europe. CBI Market Intelligence, and Ministry of Foreign Affairs. https://www.cbi.eu/sites/default/files/market_information/researches/product-factsheet-europe-dried-herbs-20151.pdf.
- CBI (2016). CBI Trends: Spices and herbs in Europe. CBI Ministry of Foreign Affairs Market Intelligence. https://www.cbi.eu/sites/default/files/market_information/researches/trends-europe-spices-herbs-2016_0.pdf.
- Cicerone P. E. (2015). Zafferano: una spezia a rischio adulterazione, il fatto alimentare. <https://ilfattoalimentare.it/zafferano-adulterazione-frode.html>.
- Council of the European Union (2019). General Secretariat of the Council: Council conclusions on the next steps how to better tackle and deter fraudulent practices in the agrifood chain. <https://www.consilium.europa.eu/media/41865/st15154-en19.pdf>.
- Decernis (2020). <https://decernis.com/solutions/food-fraud-database/>.
- de Guzman C.C., Zara R.R. (2012). *Vanilla. Handbook of Herbs and Spices*. Woodhead Pub., Oxford, 570-571.
- DGCCRF (2022). Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes. Actualités, contrôle des produits de la vanille, <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf>.
- didattica-2000.archived.uniroma2.it. https://didattica-2000.archived.uniroma2.it/MA2/deposito/spettrometria_massa.pdf.
- Drabova L., Alvarez-Rivera G., Suchanova M., Schusterova D., Pulkrabova J., Tomaniova M. et al. (2019). Food fraud in oregano: pesticide residues as adulteration markers. *Food Chem.* 276, 726-734.

- Elliott C. (2014). Elliott Review into the integrity and assurance of food supply networks-Final report: A national food crime prevention framework.
- ESA (2015). European Spice Association, Quality Minima Document. <http://www.esa-spices.org/index-esa.html/publications-esa>.
- ESA (2018a). European Spice Association, ESA Adulteration Awareness Document. <https://www.esa-spices.org/index-esa.html/publications-esa>.
- ESA (2018b). European Spice Association, ESA List of Culinary Herbs and Spices. <https://www.esa-spices.org/index-esa.html/publications-esa>.
- ESA (2018c). European Spice Association, Quality Minima Document. <https://www.esa-spices.org/download/esa-qmd-rev-5-update-as-per-esa-tc-26-03-18.pdf>.
- ESA (2019). European Spice Association, White Paper on Plant Metabarcoding Next generation Sequencing (NGS) Analysis Applied to Culinary Herbs and Spices. <https://www.esa-spices.org/index-esa.html>.
- Ellis D. I., Muhamadali H., Allen D. P., Elliott C. T., & Goodacre R. (2016). A flavour of omics approaches for the detection of food fraud. *Current Opinion in Food Science*, 10, 7-15.
- European Parliament resolution (2014). European Parliament resolution of 14 January 2014 on the food crisis, fraud in the food chain and the control thereof. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-7-2014-0011_EN.html.
- FAO (2011). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Spices and herbs for home and market. <http://www.fao.org/3/i2476e/i2476e00.pdf>.
- FAO (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT statistical database. Crop Production Database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Farzaneh V., Gominho J., Pereira H., Carvalho I.S. (2018). Screening of the Antioxidant and Enzyme Inhibition Potentials of Portuguese Pimpinella anisum L. Seeds by GC-MS. *Food Anal. Methods*, 11, 2645-2656.
- FDA (1989). U.S. Food and Drug Administration. C.F.R. Code of Federal Regulations Title 21, 3, 21CFR189.130 Coumarin. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=189.130>.
- FDA (2009). Economically motivated adulteration; public meeting. In Docket No. FDA-2009-N-0166, 15497-15499).
- Galvin-King P., Haughey S. A., & Elliott C. T. (2018). Herb and spice fraud; the drivers, challenges and detection. *Food Control*, 88, 85-97.
- Galimberti A., De Mattia F., Losa A., Bruni I., Federici S., Casiraghi M., et al. (2013). DNA barcoding as a new tool for food traceability. *Food Research International*, 50 (1), 55-63.
- Giacometti J., Kovačević D. B., Putnik P., Gabrić D., Bilušić T., Krešić G., ... & Jambrak, A. R. (2018). Extraction of bioactive compounds and essential oils from mediterranean herbs by conventional and green innovative techniques: A review. *Food research international*, 113, 245-262.
- Hoffman J. M., Lafeuille J. L., Ragupathy S., & Newmaster S. (2021). Spice and herb fraud. In *Food Fraud*, 177-218. Academic Press.
- Huang W., Li F., Liu Y., & Long C. (2015). Identification of Crocus sativus and its adulterants from Chinese markets by using DNA barcoding technique. *Iranian Journal of Biotechnology*, 13 (1), 36-42.
- Inoue M., & Craker L. E. (2014). Medicinal and aromatic plants - Uses and functions. In *Horticulture: Plants for People and Places*, 2, 645-669. Springer, Dordrecht.
- ISO 6465:2009. Spices - Cumin (Cuminum cyminum L.) - Specification. <https://www.iso.org/standard/40677.html>.
- ISO 5562:1983. Turmeric, whole or ground (powdered) - Specification. <https://www.iso.org/standard/11632.html>.

- ISO 927:2009. Spices and condiments - Determination of extraneous matter and foreign matter content.
<https://www.iso.org/standard/42504.html>.
- Jiménez-Carvelo A.M., González-Casado A., Bagur-González M.G., Cuadros-Rodríguez L. (2019). Alternative data mining/machine learning methods for the analytical evaluation of food quality and authenticity - a review. *Food Res. Int.* 122, 25-39.
- Johnson R. (2018). Food fraud and "economically motivated adulteration" of food and food ingredients.
- Koocheki A., Melani E., (2020). Saffron: Science, Technology and Health. Woodhead Publishing UK.
- Kucharska-Ambrożej K., & Karpinska J. (2020). The application of spectroscopic techniques in combination with chemometrics for detection adulteration of some herbs and spices. *Microchemical Journal*, 153, 104-278.
- Lafeuille J. L., Frégière-Salomon A., Michelet A., Henry K. L. (2020). A rapid non-targeted method for detecting the adulteration of black pepper with a broad range of endogenous and exogenous material at economically motivating levels using micro-ATR-FT-MIR imaging. *J. Agric. Food Chem.* 68, 390-401.
- Lohumi S., Lee S., Lee H., Cho B.-K. (2015). A review of vibrational spectroscopic techniques for the detection of food authenticity and adulteration. *Trends Food Sci. Technol.* 46, 85-98.
- Lakshmi V. (2012). Food adulteration. *International Journal of Science Inventions Today*, 1 (2), 106-113.
- Luziatelli F. (2008). Produzione di vanillina “naturale” mediante l’uso di biocatalizzatori microbici.
<https://dspace.unitus.it/handle/2067/1988>.
- Ma X., Mao W., Zhou P., Li P., & Li H. (2015). Distinguishing *Foeniculum vulgare* fruit from two adulterants by combination of microscopy and GC-MS analysis. *Microscopy Research and Technique*, 78 (7), 633-641.
- Maquet A., Lievens A., Paracchini V., Kaklamanos G., De La Calle Guntinas M.B., Garlant L., ... & Ulberth, F. (2021). Results of an EU wide coordinated control plan to establish the prevalence of fraudulent practices in the marketing of herbs and spices, EUR 30877 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Marieschi M., Torelli A., Poli F., Sacchetti G., & Bruni R. (2009). RAPD-based method for the quality control of Mediterranean oregano and its contribution to pharmacognostic techniques. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 1835-1840.
- Meikle J., (2005). Carcinogenic dye in hundreds of food products.
<https://www.theguardian.com/society/2005/feb/19/food.foodanddrink1>.
- Monago-Maraña O., Durán-Merás I., Muñoz de la Peña A., Galeano-Díaz T. (2022). Analytical Techniques and Chemometrics Approaches in Authenticating and Identifying Adulteration of Paprika Powder Using Fingerprints: A Review. *Microchem. J.*, 178, 107-382.
- Moore J.C., Spink J., Lipp M. (2012). Development and application of a database of food ingredient fraud and economically motivated adulteration from 1980 to 2010. *J. Food Sci.* 77, 118-126.
- Negi A., Pare A. & Meenatchi R. (2021). Emerging techniques for adulterant authentication in spices and spice products. *Food Control*, 127, 108-113.
- OEC (2018). Spices, product trade, exporters and importers. Spices | OEC - The Observatory of Economic Complexity.
- OECD (2012). Organization of Economic Coordination and Development: Recommendation of the Council on Principles for Public Governance of Public–Private Partnerships. PPP-Recommendation.pdf (oecd.org).
- Oliveira M.M., Cruz-Tirado J.P., Barbin D.F. (2019). Nontargeted Analytical Methods as a Powerful Tool for the Authentication of Spices and Herbs: A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 18, 670-689.
- Oliveira M.M., Cruz-Tirado J.P., Roque J.V., Teófilo R.F., Barbin D.F. (2020). Portable Near-Infrared Spectroscopy for Rapid Authentication of Adulterated Paprika Powder. *J. Food Compos. Anal.*, 87, 103-403.

- Osman A. G., Raman V., Haider S., Ali Z., Chittiboyina A. G. & Khan I. A. (2019). Overview of analytical tools for the identification of adulterants in commonly traded herbs and spices. *Journal of AOAC International*, 102 (2), 376-385.
- Parvathy V. A., Swetha V. P., Sheeja T. E., Leela N. K., Chempakam B., & Sasikumar B. (2014). DNA barcoding to detect chilli adulteration in traded black pepper powder. *Food Biotechnology*, 28 (1), 25-40.
- Peris M. & Escuder-Gilabert L. (2016). Electronic noses and tongues to assess food authenticity and adulteration. *Trends in Food Science & Technology*, 58, 40-54.
- Rebane R., Leito I., Yurchenko S., Herodes K. (2010). A review of analytical techniques for determination of Sudan IIV dyes in food matrixes. *J. Chromatogr.*, 2747-2757.
- Regolamento (CE) n. 2002/178. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002R0178:20060428:IT:PDF>.
- Regolamento (UE) n. 2017/625 https://ec.europa.eu/food/safety/agri-food-fraud/food-fraud-what-does-it-mean_en.
- Rubert J., Lacina O., Zachariasova M., & Hajslova J. (2016). Saffron authentication based on liquid chromatography high resolution tandem mass spectrometry and multivariate data analysis. *Food Chemistry*, 204, 201-209.
- Smillie T., & Khan I. (2010). A comprehensive approach to identifying and authenticating botanical products. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 87 (2), 175-186.
- Son T. (2018). Five get jail terms in “battery-dyed” black pepper scandal in Vietnam. Tuoi Tre News. <https://tuoitrenews.vn/news/society/20181229/five-get-jail-terms-in-batterydyed-black-pepper-scandal-in-vietnam/48306.html>.
- Sousa A.I., Ferreira I.M., Faria M.A. (2019). Sensitive detection of Piper nigrum L. adulterants by a novel screening approach based on qPCR. *Food Chem.* 283, 596-603.
- Spink J., Moyer D. C., & Whelan P. (2016). The role of the public private partnership in Food Fraud prevention - includes implementing the strategy. *Current Opinion in Food Science*, 10, 68-75.
- Spink J., & Moyer D. C. (2011). Defining the public health threat of food fraud. *Journal of food science*, 76 (9), 157-163.
- SSAFE Organization (2015). Food Fraud Vulnerability Assessment Tool, formerly: Safe Secure and Affordable Food For Everyone organization. <http://www.ssafefood.org/>.
- Stone B. G. (1964). The spice trade. *Journal of the Royal Society of Arts*, 112 (5097), 703-713.
- Sun X., Zhang M., Wang P., Chen J., Yang S., Luo P., Gao X. (2022). Detection and Quantitation of Adulterated Paprika Samples Using Second-Order HPLC-FLD Fingerprints and Chemometrics. *Foods*, 11, 23-76. <https://doi.org/10.3390/foods11152376>.
- USAV (2022). Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria. Avvertimento al pubblico: coloranti Sudan I e Sudan IV in peperoncino macinato. https://www.blv.admin.ch/dam/blv/it/dokumente/oeffentliche-warnungen/ow-paprika-farbstoff-sudan.pdf.download.pdf/Avvertimento%20al%20pubblico_coloranti%20Sudan%20I%20e%20Sudan%20IV%20in%20peperoncino%20macinato.pdf.
- USP (2016). The U.S. Pharmacopeial Convention (USP) Guidance on Food Fraud Mitigation. <https://www.usp.org/sites/default/files/usp/document/our-work/Foods/food-fraud-mitigation-guidance.pdf>.
- Van Asselt E.D., Banach J.L., van der Fels-Klerx H.J. (2018). Prioritization of Chemical Hazards in Spices and Herbs for European Monitoring Programs. *Food Control*, 83, 7-17.
- Wilde A.S., Haughey S.A., Galvin-King P., Elliott C.T. (2019). The feasibility of applying NIR and FT-IR fingerprinting to detect adulteration in black pepper. *Food Control*, 100, 1-7.

Wielogorska E., Chevallier O., Black C., Galvin-King P., Deletre M., Kelleher C. T. et al. (2018). Development of a comprehensive analytical platform for the detection and quantitation of food fraud using a biomarker approach. The oregano adulteration case study. *Food Chemistry*, 239, 32-39.

zafferanoitaliano.it. Lo zafferano in Italia, Osservatorio economico. <https://www.zafferanoitaliano.it/lo-zafferano-in-italia.html>.