

Livelli di elementi in traccia tossici e potenzialmente tossici nei prodotti ortofrutticoli della Terra dei fuochi in Campania

Levels of trace elements in the fruits and vegetables from the so-called Land of fires in Campania Region (Southern Italy)

Mauro Esposito,¹ Stefania Cavallo,¹ Guido Rosato,² Eugenio Chiaravalle,³ Oto Miedico,³ Roberta Pellicanò,¹ Vittorio Soprano,¹ Loredana Baldi¹

¹ Istituto zooprofilattico sperimentale del Mezzogiorno, Portici (NA)

² UOD prevenzione sanità pubblica veterinaria, Regione Campania, Centro direzionale is. C3, Napoli

³ Istituto zooprofilattico sperimentale della Puglia e della Basilicata, Foggia

Corrispondenza: Mauro Esposito; mauro.esposito@cert.izsmportici.it

RIASSUNTO

INTRODUZIONE: una vasta area compresa tra le province di Napoli e Caserta nella regione Campania ha negli ultimi anni attirato l'attenzione dei *mass media* a causa degli interramenti illeciti di rifiuti di varia origine nei campi o del loro abbandono lungo le strade. A tali pratiche illecite si aggiunge il fenomeno dei roghi incontrollati di questo materiale, motivo per il quale la zona è stata soprannominata "Terra dei fuochi".

OBIETTIVI: ricerca di elementi in tracce presenti nei prodotti alimentari di origine vegetale prodotti nella Terra dei fuochi.

DISEGNO E SETTING: piano di monitoraggio per il rilevamento dei livelli di alcuni metalli tossici ed essenziali nei vegetali coltivati in Campania nella Terra dei fuochi. La determinazione dei microelementi è stata effettuata dopo mineralizzazione della sostanza organica mediante microonde, utilizzando la spettrometria di massa a plasma induttivamente accoppiato (ICP-MS).

RISULTATI: durante l'attività di monitoraggio sono stati raccolti 65 campioni di ortaggi e 49 campioni di frutta in 43 comuni rientranti nella Terra dei fuochi. Il contenuto medio di metalli tossici, cadmio e piombo nei prodotti ortofrutticoli è risultato ben lontano dai limiti massimi fissati dalla normativa europea. I valori delle concentrazioni sono significativamente inferiori rispetto a quanto riscontrato in zone ad alto impatto ambientale a causa della presenza di impianti industriali.

CONCLUSIONI: la presenza di elementi tossici o potenzialmente tali nei campioni vegetali prodotti nella Terra dei fuochi è attribuibile a una varietà di fattori ambientali rilevanti (caratteristiche geologiche dell'area, inquinamento del suolo, dell'atmosfera e delle acque di irrigazione, pratiche illecite di smaltimento dei rifiuti industriali); non sembra, tuttavia, sussistere un rischio per la salute dei consumatori. Resta comunque l'allerta per la loro presenza nell'ambiente e la necessità che le attività di monitoraggio continuino.

Parole chiave: metalli, inquinamento, vegetali, Campania, sicurezza alimentare

ABSTRACT

INTRODUCTION: a large area between the provinces of Naples and Caserta in the Campania Region (Southern Italy) is characterized by environmental problems caused by the illegal dumping of industrial or domestic waste in fields or by roadsides. In some cases, these wastes have been burned, thereby spreading persistent contaminants. As this material is sometimes burnt, the area has been dubbed *Terra dei fuochi* (Land of fires).

OBJECTIVES: search for trace elements in fruits and vegetables grown in this area.

DESIGN AND SETTING: monitoring plan to detect the level of presence of both inorganic and bio-essential metals in vegetables and fruits growth in the considered area. The content of trace elements was determined through Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) after a microwave-assisted digestion procedure.

RESULTS: during the monitoring activity, 65 vegetable samples and 49 fruit samples were collected in 43 municipalities included in the area called *Terra dei fuochi*. The resulted average content of toxic metals, cadmium, and lead in fruits and vegetables was lower than the minimum level established by European legislation. The values of the contents were significantly lower than the contents detected in other areas at high environmental impact caused by the presence of industrial plants.

CONCLUSIONS: the presence of toxic (or potentially toxic) elements in fruits and vegetables grown in the *Terra dei fuochi* area is attributable to a variety of environmental factors (geological characteristics; soil, air, and irrigation water pollution; illicit practices of industrial waste disposal). A health risk for consumers of these products does not seem to exist. Therefore, the alert for the presence of pollutants in the environment and the need of monitoring activities still remain.

Keywords: metal, pollution, vegetables, Campania Region, food safety

Cosa si sapeva già

- Le pratiche illecite di interrimento e combustione all'aria aperta di rifiuti di varia origine, da quella industriale a quella civile, hanno determinato in talune aree della Campania fenomeni di inquinamento del suolo e delle falde acquifere.
- C'è grande preoccupazione che gli alimenti prodotti in quelle aree possano risultare contaminati da varie tipologie di inquinanti, in primis dai metalli pesanti.
- Per gli elementi cosiddetti potenzialmente tossici, non sono noti i livelli di contaminazione degli alimenti di origine animale e dei vegetali prodotti in Campania.

Cosa si aggiunge di nuovo

- I piani di monitoraggio delle aree interessate dal fenomeno hanno consentito di ritrovare situazioni più a rischio soprattutto per alcune matrici alimentari, nonostante sia scarsa la diffusione di questi elementi in tracce nei prodotti vegetali.

INTRODUZIONE

La scoperta di attività illegali di interrimento di rifiuti di origine industriale e la concomitante attività di combustione illecita di rifiuti di varia origine, da quelli civili a quelli provenienti da attività manifatturiere, ha determinato nella regione Campania un allarme sanitario dovuto anche ad alcuni studi che hanno messo in relazione questi fenomeni con un aumento delle patologie tumorali in alcune aree e, quindi, con evidente e crescente preoccupazione da parte della pubblica opinione.¹⁻⁵

Nell'area della cosiddetta Terra dei fuochi i rilievi effettuati dagli enti preposti per la valutazione della qualità ambientale, attraverso l'analisi di terreno e acqua, hanno riscontrato criticità relativamente alla presenza di alcuni elementi inorganici. Non sono disponibili, tuttavia, dati sulle produzioni alimentari e sull'eventuale passaggio di inquinanti dalle matrici ambientali agli alimenti, in particolare di origine vegetale coltivati in quelle aree.

La possibilità che la contaminazione dovuta ai rifiuti di origine industriale comporti un passaggio di taluni inquinanti nei prodotti ortofrutticoli, o dal suolo attraverso le radici o dall'aria attraverso le foglie e i frutti, pone, quindi, un problema tossicologico di grande rilievo.

Allo scopo di conoscere i livelli di contaminazione da vari elementi chimici, sia di tossicità nota sia di interesse tossicologico emergente in funzione anche della loro chiara origine industriale, le autorità sanitarie hanno elaborato piani di monitoraggio delle produzioni alimentari provenienti dalla Terra dei fuochi.

In generale, le attività di controllo ufficiale sulla presenza di contaminanti inorganici negli alimenti di origine vegetale riguardano la determinazione dei due soli metalli per i quali la Commissione europea, sulla base di evidenze di tossicità, ha fissato limiti massimi nel Regolamento CE 1831/2003: piombo e cadmio.⁶

Sebbene non esistano limiti normativi, l'Agenzia europea per la sicurezza alimentare (*European Food Safety Authority*, EFSA) ha segnalato, tramite una serie di documenti, la tossicità di alcuni metalli e metalloidi, mettendo in evidenza la necessità di effettuare monitoraggi su varie tipologie di alimenti.⁷⁻¹⁰

Obiettivo del monitoraggio intrapreso è stata la ricerca degli elementi in tracce presenti nei prodotti alimentari. Tra gli elementi determinati sono compresi sia i metalli riconosciuti tossici (piombo, cadmio, mercurio, arsenico), sia quelli noti come essenziali se assunti in piccole quantità (rame, zinco, alluminio, cromo, cobalto, selenio, stagno), sia altri elementi per i quali non sono note azioni biologiche ma che possono essere indicatori di inquinamento di varia origine (berillio, uranio, manganese, molibdeno, talio, stronzio).

In questo lavoro sono riportati i risultati della determinazione di diciotto elementi in tracce su prodotti vegetali coltivati nella Terra dei fuochi.

L'area sulla quale è stato disposto il monitoraggio per il biennio 2014-2015 rappresenta la Terra dei fuochi propriamente detta ed è compresa tra il Litorale domizio-flegreo, l'Agro aversano-atellano, l'Agro acerrano-nolano e vesuviano e la città di Napoli, interessando complessivamente 120 comuni delle province di Benevento, Caserta e Napoli. Nel 2014 sono stati effettuati campionamenti in una prima fascia di comuni, individuati come Zona A, corrispondenti a quelli maggiormente interessati dai fenomeni di inquinamento (figura 1).

I campionamenti sono stati effettuati nelle zone in cui insistono attività agricole e zootecniche. Nel primo caso le coltivazioni sono di tipo intensivo e comprendono varie tipologie di vegetali, dai prodotti orticoli (pomodori, patate, melanzane) alla frutta (pesche, prugne eccetera), mentre le attività zootecniche risultano costituite in prevalenza da allevamenti bufalini.

MATERIALI E METODI

AREA DI INTERESSE

Il monitoraggio dei diciotto elementi è stato effettuato in un'area che comprende:

- i 57 comuni individuati dalla direttiva interministeriale prevista dal Decreto legge n.136 del 10.12.2013;¹¹

- i comuni appartenenti all'ex-sito di interesse nazione (SIN) Agro aversano e Litorale domizio-flegreo (in questo ricadono anche i comuni selezionati per il loro passato coinvolgimento nell'emergenza diossine del 2008).

Sono stati stabiliti particolari criteri di campionamento per le aziende agricole al fine di aumentare la possibilità di rintracciare materiale campionabile. Sono stati selezionati per il campionamento solo i comuni in cui il rapporto tra superficie agraria utilizzata (SAU) e superficie agraria totale (SAT) è maggiore del 10%. Per quanto riguarda l'identificazione dei fondi agricoli da campionare, si è tenuto conto in primo luogo delle indicazioni derivanti dai documenti prodotti ai sensi della Direttiva ministeriale del 28.01.2014.¹² Ulteriori aziende agricole sono state identificate dal personale delle ASL in relazione alle banche dati esistenti (Banca dati apistica – GISA, Banca dati dei fitofarmaci – SIAN) o in base alla conoscenza diretta del territorio. Il campionamento ha riguardato tutte le colture destinate all'uso alimentare umano presenti nel fondo agricolo al momento del campionamento.

Tutti i punti di prelevamento sono stati georeferenziati, per cui è possibile conoscere non solo dove è stato effettuato precisamente il campione, quindi la tipologia dell'azienda e le sue caratteristiche, ma anche la situazione nel

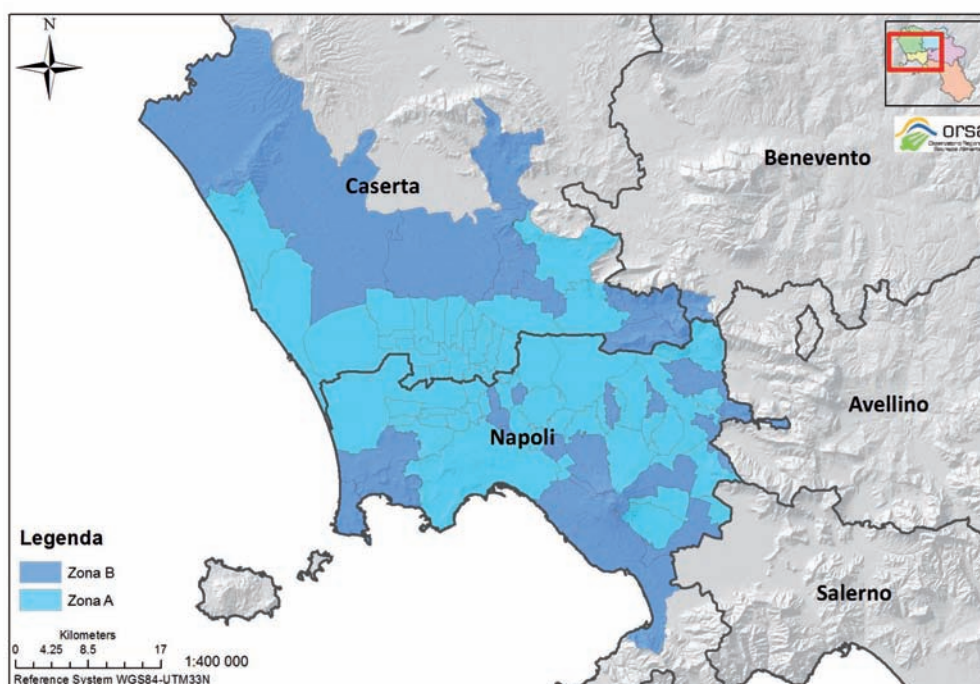


Figura 1. Mappa dell'area campana denominata Terra dei fuochi, con indicazione delle zone A e B.
Figure 1. Map of area A and area B of the so-called Land of fires in Campania Region (Southern Italy).

suo intorno, dalla presenza di altre attività produttive agricole e zootecniche, di attività industriali, fino alla presenza di discariche autorizzate o abusive.

CAMPIONI

I campioni utilizzati per il presente studio sono stati prelevati tra maggio e dicembre 2014. Per il campionamento dei vegetali il personale addetto ha applicato le procedure previste dalla norma vigente per il campionamento, in particolare il Regolamento CE 333/2007 e successive modifiche e integrazioni.¹³ Le modalità di campionamento sono di seguito riportate.

Nell'area agricola identificata è stata tracciata un'ipotetica forma a X; quindi, a seconda dell'ampiezza del terreno, lungo le linee costituenti la X sono stati prelevati da 5 a 15 campioni elementari per ettaro; per superfici inferiori a 1 ettaro sono stati prelevati 5 campioni elementari (4 ai vertici della X e 1 al centro), i campioni elementari hanno formato il campione globale da cui è stato predisposto il campione da laboratorio. I campioni sono stati raccolti da personale idoneo munito di guanti in vinile, sono stati inseriti in sacchetti di polietilene e inviati al laboratorio per gli esami chimici. Prima dell'analisi i campioni di vegetali sono stati puliti per rimuovere ogni traccia di terreno; le patate e la frutta sono state sbucciate come previsto dal Regolamento CE n.1881/2006 che applica i limiti massimi solo alle parti edibili dei vegetali dopo che sono stati ripuliti da ogni traccia di impurità.⁶

ANALISI DEI METALLI

Per la determinazione dei livelli di microelementi sono stati utilizzati i seguenti materiali: acido nitrico 68% (v/v), perossido di idrogeno 30% (v/v), acqua di grado ultrapuro; standard di arsenico (As), berillio (Be), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobalto (Co), mercurio (Hg), manganese (Mn), molibdeno (Mo), nickel (Ni), piombo (Pb), rame (Cu), selenio (Se), stronzio (Sr), tallio (Tl), stagno (Sn), uranio (U), vanadio (V) e zinco (Zn) (1.000 mg/l). Come materiali di riferimento certificati sono stati utilizzati: • National Institute of Standard Technology (NIST) 1549: latte in polvere scremato; • NIST 1548a: dieta tipica; • NIST 1570a: foglie di spinaci. I gas utilizzati sono argon ultrapuro (99,9999%) e ammoniaca anidra.

Tutti i campioni del monitoraggio sono stati preparati seguendo le prescrizioni dei metodi standard UNI EN 13804:2002 (preparazione del campione) e UNI EN 13805:2002 (mineralizzazione in microonde), per cui dai campioni di vegetali, preventivamente lavati da eventuali residui di terriccio e sbucciati ove necessario, è stata prelevata la parte edibile e omogeneizzata.

Quindi 2,0 g di ciascun campione sono stati pesati su bilancia analitica e mineralizzati mediante digestione acida in microonde Ethos-One con 6 ml di acido nitrico 68% (v/v) e 2 ml di perossido di idrogeno 30% (v/v) e diluiti con 50 ml di acqua ultrapura.

Per la determinazione strumentale mediante spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS)

è stato seguito il metodo standard UNI EN 15763:2010, adoperando uno spettrometro di massa al plasma induttivamente accoppiato (Elan DRC II, PerkinElmer) con i seguenti parametri strumentali: • potenza radio-frequenza: 1.200 Watt; • flusso argon plasma: 15 l/min; • flusso argon nebulizzatore: 0,97 l/min; • dwell time: 50 ms; • sweeps/reading: 20; • standard interno: soluzione di bismuto e rodio (circa 200 ng/ml) aggiunta on-line.

Sono stati considerati i segnali strumentali dei seguenti elementi/isotopi: ^{111}Cd , ^{202}Hg , ^{75}As , ^{238}U , ^9Be , ^{118}Sn , ^{205}Tl , ^{98}Mo , ^{59}Co , ^{52}Cr , ^{51}V , ^{60}Ni , ^{78}Se , ^{66}Zn , ^{55}Mn , ^{63}Cu , ^{88}Sr e la somma degli isotopi ^{206}Pb , ^{207}Pb e ^{208}Pb .

Per eliminare le interferenze isobariche è stato adoperato il sistema della cella dinamica di reazione (DRC) utilizzando ammoniaca gassosa (100%, a elevata purezza) a 0,5 ml/min per la determinazione di As, Co, Cr, V, Ni, Zn, Mn e Cu e gas metano (99,9995%) a 0,5 ml/min per la determinazione di Se.

Le rette di taratura strumentale sono state costruite mediante il metodo delle aggiunte standard usando 4 livelli di aggiunta nella soluzione mineralizzata, con intervalli di concentrazione specifici per ciascun elemento:

- Be, U, Hg, Tl (0,001 – 0,005 – 0,020 – 0,10 ng/ml);
- As, Pb, Cd, V, Ni, Se, Co, Mo, Sn, Cr (0,1 – 0,5 – 2,0 – 10 ng/ml);
- Cu, Mn (0,5 – 2,5 – 10 – 50 ng/ml);
- Zn, Sr (4 – 20 – 80 – 400 ng/ml).

I limiti di quantificazione (LoQ) del metodo sono stati calcolati come 10 volte la deviazione standard di 20 bianchi di mineralizzazione ed equivalgono a 0,0025 mg/kg per Pb, 0,00031 mg/kg per Cd, 0,0015 per Hg, 0,0042 mg/kg per As, 0,00086 mg/kg per Cr, 0,0029 mg/kg per Sn, 0,000030 mg/kg per Tl, 0,0047 mg/kg per Se, 0,00071 mg/kg per Be, 0,020 mg/kg per Ni, 0,00025 mg/kg per V, 0,00054 mg/kg per Co, 0,010 mg/kg per Cu, 0,042 mg/kg per Mn, 0,88 mg/kg per Zn, 0,000020 mg/kg per U, 0,0015 mg/kg per Mo e 0,0092 mg/kg per Sr.

La precisione e l'esattezza del metodo sono state determinate tramite materiali di riferimento certificati. Il recupero per tutte le matrici è prossimo al 100% e, pertanto, le determinazioni non sono state corrette per il fattore di recupero. Le concentrazioni degli analiti su ciascun campione sono state valutate come media di 2 determinazioni, con una ripetibilità inferiore al 10%.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Durante l'attività di monitoraggio sono stati raccolti 65 campioni di ortaggi e 49 campioni di frutta in 43 comuni rientranti nella zona A della Terra dei fuochi (figura 2). I dati relativi alle determinazioni dei microelementi nei prodotti di origine vegetale sono stati aggregati in base alle diverse tipologie, in tal modo sono stati riuniti nella tabella 1 i risultati riscontrati per campioni di vege-

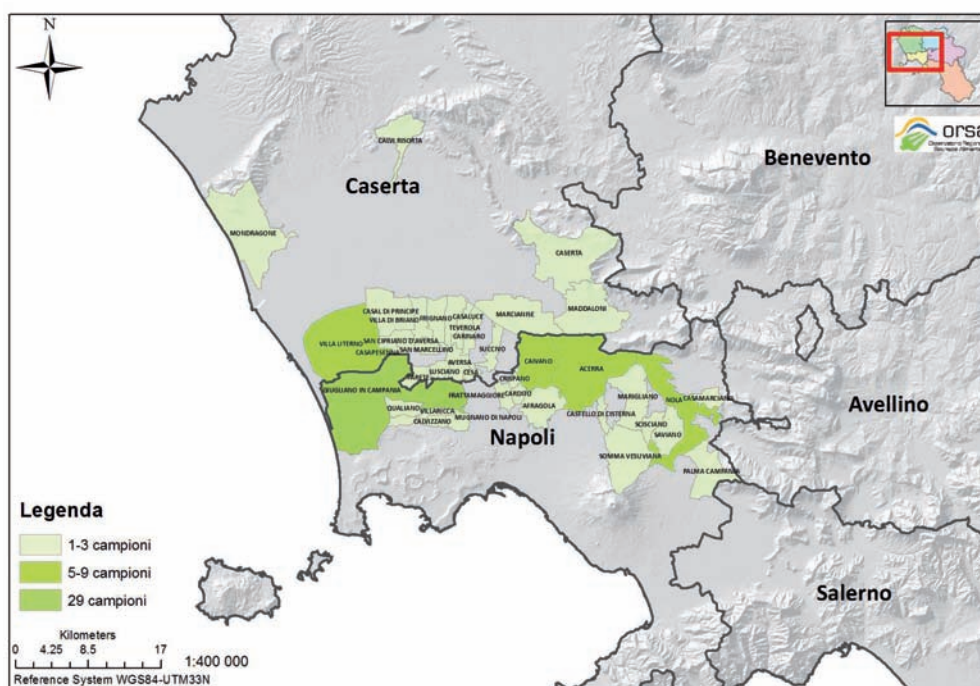


Figura 2. Mappa della zona A all'interno della Terra dei fuochi, con indicazione dei comuni in cui sono stati effettuati i prelievi di prodotti vegetali.

Figure 2. Sampling sites of vegetables in the area A of the so-called Land of fires in Campania Region (Southern Italy).

	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Sn	Tl	Se	Be	Ni	V	Co	Cu	Mn	Zn	U	Mo	Sr
Cucurbitacee (n. 5)																		
Mediana	0,012	0,003	0,001	0,003	0,005	0,005	0,0012	0,003	0,001	0,032	0,0013	0,005	0,503	0,817	1,766	0,0002	0,101	0,824
Media	0,013	0,003	0,001	0,003	0,006	0,006	0,0015	0,004	0,001	0,036	0,0031	0,009	0,804	0,935	3,045	0,0010	0,132	1,024
DS	0,008	0,003	0,000	0,000	0,006	0,004	0,0015	0,001	0,000	0,024	0,0037	0,011	0,450	0,266	2,631	0,0018	0,096	0,737
min	0,002	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002	0,0002	0,003	0,001	0,014	0,0002	0,003	0,469	0,643	1,042	0,0001	0,037	0,292
max	0,025	0,008	0,001	0,003	0,016	0,012	0,0039	0,005	0,001	0,066	0,0092	0,028	1,445	1,237	7,375	0,0042	0,291	2,241
Brassicacee (n. 9)																		
Mediana	0,050	0,014	0,003	0,007	0,017	0,002	0,0009	0,014	0,001	0,078	0,0116	0,004	0,362	2,747	3,525	0,0036	0,328	4,916
Media	0,064	0,022	0,007	0,015	0,016	0,002	0,0014	0,020	0,001	0,105	0,0414	0,006	0,437	3,278	3,294	0,0055	0,547	5,649
DS	0,068	0,034	0,014	0,024	0,009	0,001	0,0016	0,028	0,000	0,057	0,0949	0,005	0,189	1,444	1,025	0,0068	0,716	3,513
min	0,004	0,004	0,001	0,003	0,001	0,002	0,0001	0,003	0,001	0,032	0,0008	0,002	0,214	1,730	2,266	0,0018	0,023	1,316
max	0,208	0,111	0,045	0,078	0,030	0,005	0,0046	0,093	0,001	0,200	0,2934	0,019	0,731	5,837	5,403	0,0234	2,328	12,714
Ortaggi vari (n. 9)																		
Mediana	0,005	0,003	0,001	0,003	0,017	0,002	0,001	0,003	0,001	0,069	0,0007	0,003	0,775	3,227	6,191	0,001	0,173	1,307
Media	0,051	0,010	0,001	0,008	0,024	0,007	0,004	0,004	0,004	0,088	0,0304	0,010	0,943	4,020	6,589	0,009	0,163	1,885
DS	0,123	0,017	0,001	0,014	0,023	0,010	0,006	0,001	0,009	0,085	0,0744	0,015	0,447	3,585	3,299	0,021	0,079	2,301
min	0,002	0,000	0,001	0,003	0,002	0,002	0,000	0,003	0,001	0,014	0,0002	0,000	0,414	1,214	2,273	0,000	0,036	0,129
max	0,377	0,053	0,003	0,044	0,066	0,034	0,015	0,005	0,027	0,228	0,2257	0,039	1,716	12,589	12,293	0,064	0,272	6,365

Tabella 1. Concentrazione media e mediana con deviazione standard (DS) e valori minimo e massimo in mg/kg per gli elementi in traccia ricercati nei prodotti vegetali appartenenti alle famiglie delle Cucurbitacee, delle Brassicacee più ortaggi vari. In grassetto, i valori medi.

Table 1. Mean, median, and standard deviation, minimum and maximum concentration values of trace elements expressed in mg/kg wet weight in vegetables belonging to the family of Cucurbitaceae, Brassicaceae and various products. Median values are in bold.

	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Sn	Tl	Se	Be	Ni	V	Co	Cu	Mn	Zn	U	Mo	Sr
Frutta varia (n. 5)																		
Mediana	0,007	0,002	0,001	0,003	0,010	0,002	0,003	0,003	0,0005	0,014	0,0009	0,001	0,803	0,620	1,020	0,000	0,021	2,217
Media	0,011	0,002	0,001	0,003	0,011	0,002	0,004	0,004	0,0005	0,020	0,0009	0,002	1,500	0,712	0,869	0,000	0,023	2,173
DS	0,008	0,001	0,000	0,000	0,006	0,001	0,004	0,001	0,0000	0,008	0,0007	0,001	1,895	0,446	0,295	0,001	0,010	1,910
min	0,004	0,001	0,001	0,003	0,002	0,002	0,000	0,003	0,0005	0,014	0,0002	0,000	0,374	0,216	0,488	0,000	0,014	0,157
max	0,022	0,002	0,001	0,003	0,019	0,004	0,010	0,006	0,0005	0,031	0,0020	0,003	4,855	1,435	1,141	0,001	0,040	4,833
Prunus persica (n. 13)																		
Mediana	0,013	0,001	0,001	0,003	0,002	0,008	0,001	0,003	0,0005	0,014	0,0002	0,001	0,961	0,620	1,232	0,000	0,013	0,320
Media	0,020	0,002	0,001	0,003	0,017	0,015	0,002	0,003	0,0005	0,039	0,0005	0,001	1,282	0,673	1,433	0,000	0,018	0,335
DS	0,026	0,002	0,001	0,000	0,044	0,022	0,001	0,000	0,0000	0,033	0,0006	0,001	0,895	0,247	0,776	0,000	0,013	0,157
min	0,004	0,000	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001	0,003	0,0005	0,014	0,0002	0,000	0,518	0,434	0,620	0,000	0,006	0,134
max	0,103	0,007	0,004	0,003	0,162	0,083	0,004	0,003	0,0005	0,090	0,0020	0,003	3,897	1,194	3,082	0,001	0,055	0,698
Prunus domestica (n. 20)																		
Mediana	0,034	0,001	0,001	0,003	0,004	0,009	0,001	0,003	0,0005	0,014	0,0005	0,001	0,809	0,708	0,620	0,000	0,010	0,480
Media	0,054	0,002	0,001	0,003	0,005	0,022	0,002	0,003	0,0010	0,016	0,0006	0,001	1,025	0,693	0,709	0,000	0,013	0,483
DS	0,072	0,002	0,000	0,000	0,003	0,037	0,002	0,000	0,0010	0,005	0,0004	0,000	0,872	0,163	0,164	0,000	0,009	0,165
min	0,005	0,000	0,001	0,003	0,001	0,002	0,000	0,003	0,0005	0,014	0,0002	0,000	0,295	0,354	0,620	0,000	0,004	0,196
max	0,315	0,006	0,001	0,003	0,018	0,166	0,006	0,003	0,0043	0,029	0,0014	0,002	4,374	1,020	1,115	0,001	0,040	0,863

Tabella 2. Concentrazione media e mediana con deviazione standard (DS) e valori minimo e massimo in mg/kg per gli elementi in traccia ricercati in alcune tipologie di frutta (famiglia delle Rosacee e altro). In grassetto, i valori medi.

Table 2. Mean, median, and standard deviation, minimum and maximum concentration values of trace elements expressed in mg/kg wet weight in fruits (Rosaceae). Median values are in bold.

tali delle famiglie delle Cucurbitacee e delle Brassicacee, mentre pomodori (*Lycopersicum esculentum*), peperoni (*Capsicum annuum*) e melanzane (*Solanum melongena*), appartenenti alla medesima famiglia (Solanacee), sono stati riuniti nella tabella 2, che contiene anche i dati relativi alle patate appartenenti alla stessa famiglia, ma che, essendo tuberi, hanno una maggiore esposizione all'eventuale contaminazione del terreno. Analogamente, sono stati raggruppati nella tabella 3 i vari frutti, quali pesche (*Prunus persica*) e prugne (*Prunus domestica*), appartenenti alla famiglia delle Rosaceae, mentre la frutta a guscio, cioè noci (*Juglans regia*) e nocciole (*Corylus avellana*), è stata considerata separatamente assieme alle olive (*Olea europea*) nella tabella 4.

Per tutte le tipologie di campioni sono riportate le concentrazioni espresse in mg/kg di peso fresco, indicando per ogni gruppo il valore medio, la mediana, la deviazione standard e i valori minimo e massimo. Nel caso di valori inferiori al LoQ, è stato assunto un valore pari al $\text{LoQ}/\sqrt{2}$, come indicato in letteratura.¹⁴

Una prima valutazione dei risultati riguarda i tenori di piombo rilevati sulle varie matrici alimentari analizzate che hanno superato i limiti massimi previsti dalla normativa solo in un campione di lattuga e in uno di prugna, mentre per il cadmio nessun campione ha mostrato un contenuto superiore ai limiti massimi.

I dati del monitoraggio sono in perfetto accordo con i risultati di uno studio effettuato in Campania proprio sui tenori di piombo e cadmio nei prodotti vegetali raccolti in varie località della regione e che hanno dimostrato l'assenza di una contaminazione preoccupante da parte di questi metalli tossici.¹⁵

Considerando i pochi dati disponibili in letteratura sui livelli di piombo e cadmio su vegetali coltivati in Italia, il confronto può essere effettuato con i risultati di uno studio che ha rilevato concentrazioni di cadmio pari a 0,022 mg/kg nelle patate e nell'intervallo 0,01-0,031 mg/kg in altri prodotti ortofrutticoli.¹⁶

Riguardo ad altre aree europee, i dati su patate prelevate presso mercati in Serbia e in Svezia risultano molto simili per il cadmio, 0,009 mg/kg e 0,013 mg/kg, rispettivamente, contro i 0,010 mg/kg determinati nel monitoraggio nella Terra dei fuochi; per il piombo il valore trovato sulle patate campane di 0,014 mg/kg è intermedio tra lo 0,003 della Serbia e lo 0,02 mg/kg della Svezia.^{17,18}

Rispetto, invece, ai dati di uno studio svolto nel Regno Unito, il contenuto medio di cadmio nelle patate prodotte in Campania (0,010 mg/kg) risulta inferiore a quello trovato nelle patate raccolte nel Nord-Est della Gran Bretagna (0,0185 mg/kg), ma superiore a quello riscontrato nelle patate del Sud-Ovest (0,007 mg/kg), mentre il

piombo è più alto (0,014 mg/kg) rispetto a entrambe le zone (0,0076 mg/kg e 0,005 mg/kg).

Per i pomodori, i valori di cadmio e piombo determinati sui prodotti campani sono risultati superiori rispetto a tutte e due le zone della Gran Bretagna, ma in ogni caso con valori medi di molto inferiori ai limiti massimi ammissibili.¹⁹ I valori di cadmio sui pomodori provenienti dalla Terra dei fuochi risultano, tuttavia, inferiori ai livelli riportati su campioni di pomodori prodotti in Spagna, che oscillavano tra 0,0134 e 0,0199 mg/kg.²⁰

Inoltre, il confronto con i dati di letteratura sui livelli medi di piombo e cadmio in vegetali coltivati in aree prossime a insediamenti industriali e rientranti nei SIN conferma i bassi livelli di inquinamento dei vegetali coltivati nella Terra dei fuochi. Infatti, considerando i pomodori, i valori medi di piombo rilevati nel monitoraggio in Campania sono senz'altro inferiori rispetto a quelli ottenuti nell'area di Gela in Sicilia²¹ e nell'area di Portoscuso in Sardegna,²² che sono risultati superiori anche fino a due volte ai limiti massimi. Stesso discorso per il cadmio, che in tutte le matrici vegetali considerate ha mostrato sempre valori molto bassi (tabelle 1-4), lontani dal limite massimo e comunque inferiori rispetto a quelli rilevati in aree vicine a impianti industriali sia sul territorio italiano sia in altri Paesi.²¹⁻²⁵ Per gli altri elementi in tracce la valutazione dei risultati può essere fatta in parte per confronto con i dati in letteratura, laddove esistenti. Per esempio, l'arsenico, che nei prodotti provenienti dall'area industriale in Sardegna raggiungeva valori medi tra 0,041 e 0,065 mg/kg,²² nei prodotti coltivati nell'area della Terra dei fuochi è molto più basso, con valori medi di poco più alti solo nelle melanzane (0,011 mg/kg) e nelle Brassicacee (0,015 mg/kg).

Nei pomodori coltivati in Campania, lo zinco ha un valore medio di 1,452 mg/kg, inferiore a quanto rilevato nei pomodori prelevati nell'area industriale in Sardegna; questa differenza è più forte per la frutta, con valori medi tra 0,709 e 1,433 mg/kg contro 12,783 e 9,757 rilevati nella frutta sarda.²² I valori medi di zinco nelle Brassicacee campionate nella Terra dei fuochi sono di poco superiori a quelli determinati nei prodotti della Val Camonica e del Lago di Garda.²³

Le concentrazioni medie di nichel nelle Solanacee vanno da 0,020 mg/kg dei pomodori a 0,081 mg/kg delle patate e un range simile si ritrova nella frutta da 0,016 mg/kg delle prugne a 0,039 mg/kg delle pesche, mentre negli ortaggi appartenenti alla famiglia delle Brassicacee il valore medio sale a 0,105 mg/kg. In assenza di dati in letteratura scientifica circa la presenza di nichel nella frutta e negli ortaggi, i valori sono stati confrontati con quelli riportati in uno studio effettuato su prodotti vegetali prelevati nella città di San Paolo in Brasile, che sono risultati in tutti

	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Sn	Tl	Se	Be	Ni	V	Co	Cu	Mn	Zn	U	Mo	Sr
Solanum lycopersicum (n. 19)																		
Mediana	0,013	0,008	0,001	0,003	0,002	0,002	0,0003	0,003	0,0005	0,014	0,0027	0,003	0,960	0,959	1,307	0,0008	0,053	0,521
Media	0,015	0,010	0,001	0,004	0,005	0,009	0,0003	0,005	0,0006	0,020	0,0030	0,003	1,211	0,987	1,452	0,0013	0,062	0,565
DS	0,014	0,006	0,001	0,002	0,006	0,028	0,0002	0,003	0,0002	0,009	0,0020	0,002	0,763	0,258	0,422	0,0013	0,035	0,201
min	0,004	0,003	0,001	0,003	0,001	0,002	0,0000	0,003	0,0005	0,014	0,0004	0,001	0,262	0,508	1,062	0,0003	0,029	0,326
max	0,068	0,026	0,007	0,013	0,026	0,126	0,0011	0,013	0,0015	0,042	0,0070	0,007	3,453	1,486	2,541	0,0054	0,152	1,191
Solanum melongena (n. 9)																		
Mediana	0,015	0,012	0,001	0,010	0,007	0,002	0,0082	0,003	0,0005	0,014	0,0007	0,002	0,960	1,255	1,687	0,0003	0,066	0,359
Media	0,013	0,013	0,001	0,011	0,008	0,005	0,0097	0,003	0,0005	0,022	0,0013	0,002	0,838	1,355	1,833	0,0004	0,085	0,392
DS	0,007	0,007	0,000	0,007	0,004	0,005	0,0054	0,000	0,0000	0,016	0,0012	0,001	0,311	0,360	0,423	0,0003	0,051	0,152
min	0,002	0,006	0,001	0,003	0,003	0,002	0,0042	0,003	0,0005	0,014	0,0002	0,000	0,382	0,938	1,300	0,0001	0,034	0,216
max	0,022	0,026	0,001	0,020	0,015	0,014	0,0225	0,003	0,0005	0,062	0,0034	0,004	1,366	1,859	2,371	0,0012	0,194	0,745
Capsicum annum (n. 4)																		
Mediana	0,007	0,013	0,001	0,003	0,011	0,005	0,0025	0,003	0,0005	0,032	0,0007	0,006	1,007	1,079	1,768	0,0009	0,029	0,567
Media	0,010	0,012	0,001	0,003	0,019	0,049	0,0071	0,004	0,0005	0,033	0,0011	0,006	1,346	1,050	1,807	0,0011	0,043	0,683
DS	0,010	0,002	0,000	0,000	0,020	0,089	0,0103	0,001	0,0000	0,022	0,0010	0,001	0,920	0,233	0,423	0,0008	0,036	0,436
min	0,002	0,009	0,001	0,003	0,006	0,002	0,0010	0,003	0,0005	0,014	0,0004	0,004	0,675	0,742	1,334	0,0004	0,019	0,290
max	0,023	0,014	0,001	0,003	0,049	0,183	0,0225	0,005	0,0005	0,055	0,0025	0,007	2,695	1,300	2,358	0,0021	0,097	1,306
Solanum tuberosum (n. 10)																		
Mediana	0,011	0,009	0,001	0,003	0,003	0,002	0,0030	0,003	0,0005	0,073	0,0015	0,004	1,068	1,164	2,487	0,0008	0,085	0,494
Media	0,014	0,010	0,001	0,003	0,009	0,004	0,0081	0,004	0,0006	0,081	0,0019	0,005	1,148	1,116	2,690	0,0012	0,091	0,528
DS	0,009	0,004	0,000	0,000	0,017	0,004	0,0159	0,001	0,0002	0,054	0,0016	0,002	0,304	0,228	0,644	0,0011	0,051	0,353
min	0,002	0,005	0,001	0,003	0,001	0,002	0,0009	0,003	0,0005	0,014	0,0005	0,002	0,918	0,655	2,137	0,0002	0,030	0,160
max	0,028	0,018	0,001	0,003	0,058	0,015	0,0530	0,008	0,0010	0,166	0,0059	0,009	1,959	1,402	4,230	0,0040	0,207	1,207

Tabella 3. Concentrazione media e mediana con deviazione standard (DS) e valori minimo e massimo in mg/kg per gli elementi in traccia ricercati in alcune tipologie di ortaggi appartenenti alla famiglia delle Solanacee. In grassetto, i valori medi.

Table 3. Mean, median and standard deviation, minimum and maximum concentration values of trace elements expressed in mg/kg wet weight in vegetables belonging to the family of Solanaceae. Median values are in bold.

	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Sn	Tl	Se	Be	Ni	V	Co	Cu	Mn	Zn	U	Mo	Sr
Corylus avellana, Juglans regia																		
Mediana	0,013	0,008	0,002	0,011	0,010	0,002	0,0018	0,0594	0,0005	0,575	0,0055	0,047	14,874	10,189	19,010	0,0003	1,051	7,266
Media	0,011	0,008	0,002	0,010	0,014	0,004	0,0039	0,0566	0,0007	0,558	0,0051	0,047	16,281	10,626	20,678	0,0003	1,064	6,142
DS	0,006	0,003	0,001	0,006	0,007	0,005	0,0038	0,0229	0,0004	0,239	0,0028	0,022	4,138	3,099	6,475	0,0001	0,568	3,170
min	0,002	0,002	0,001	0,003	0,006	0,002	0,0013	0,0183	0,0005	0,257	0,0014	0,016	12,573	7,192	13,791	0,0001	0,265	0,325
max	0,021	0,012	0,004	0,017	0,025	0,016	0,0107	0,0888	0,0016	0,985	0,0097	0,079	23,036	15,088	32,382	0,0004	1,662	10,066
Olea europea																		
Mediana	0,020	0,004	0,001	0,011	0,020	0,027	0,0002	0,0034	0,0005	0,113	0,0030	0,004	2,034	1,688	3,004	0,0017	0,063	1,286
Media	0,034	0,004	0,001	0,011	0,019	0,025	0,0003	0,0034	0,0007	0,129	0,0099	0,004	3,137	1,642	3,103	0,0015	0,056	1,222
DS	0,030	0,001	0,000	0,005	0,004	0,011	0,0002	0,0000	0,0003	0,042	0,0145	0,001	2,656	0,107	0,242	0,0005	0,021	0,429
min	0,018	0,003	0,001	0,005	0,013	0,011	0,0002	0,0034	0,0005	0,100	0,0020	0,003	1,408	1,482	2,943	0,0007	0,024	0,641
max	0,079	0,005	0,002	0,018	0,023	0,035	0,0006	0,0034	0,0011	0,191	0,0316	0,005	7,074	1,709	3,463	0,0019	0,073	1,674

Tabella 4. Concentrazione media e mediana con deviazione standard (DS) e valori minimo e massimo in mg/kg per gli elementi in traccia ricercati in alcune tipologie di frutta a guscio e olive. In grassetto, i valori medi.

Table 4. Mean, median, and standard deviation, minimum and maximum concentration values of trace elements expressed in mg/kg wet weight in nuts and olives. Median values are in bold.

i casi più contaminati da nichel rispetto a quelli prelevati in Campania.²⁶

Le concentrazioni medie di rame sono risultate più basse negli ortaggi, con un minimo di 0,437 mg/kg per le Brassicacee (cavoli e cavolo rapa) e un massimo di 1,346 per i peperoni. Per i pomodori il valore riscontrato di 1,211 mg/kg è inferiore ai valori riscontrati in Sicilia sia sui pomodori di Gela (1,934 mg/kg)²¹ sia su quelli prelevati in provincia di Catania (2,92 mg/kg)²⁷ in una zona caratterizzata da un'intensa attività vulcanica. Più elevata la concentrazione di rame nella frutta con valori nel range 1,025-1,500 mg/kg, in buona parte da attribuire a trattamenti con composti ad azione insetticida a base di rame (verderame) ancora utilizzati in agricoltura, mentre in tutte le noci e nocciole analizzate i dati mostrano sempre valori più alti (media di 16,281 mg/kg), circa dieci volte superiori a quelli riscontrati per tutte le specie vegetali. In generale, per la frutta a guscio, rispetto alle altre specie vegetali (tabella 4), sono stati riscontrati contenuti elevati anche di altri microelementi quali il manganese (media 10,6 mg/kg), lo zinco (media 20,7 mg/kg), il selenio (media 0,057 mg/kg), il nichel (0,558 mg/kg) e il cobalto (0,047 mg/kg). Questi dati confermano quanto riportato in letteratura da studi sull'analisi del valore nutritivo delle nocciole che mostrano significative quantità di oligoelementi quali ferro, selenio, rame (13 mg/kg), zinco (20 mg/kg)²⁸ e, quindi, non possono essere messi in relazione con alti livelli ambientali di queste sostanze dovuti all'inquinamento.

L'analisi dei risultati mette in luce l'importanza nel monitoraggio della scelta delle giuste matrici da utilizzare come indicatori. Infatti, mentre i livelli di microelementi nei frutti della famiglia delle Rosacee e negli ortaggi della famiglia delle Solanacee non hanno in genere mostrato differenze significative tra di essi, nei vegetali appartenenti alla famiglia delle Brassicacee i valori riscontrati sono più elevati. Questo è da attribuire con buona probabilità alla caratteristica conformazione di queste specie vegetali a foglia che tendono a raccogliere sulla loro superficie il materiale trasportato dall'aria e, in generale, dagli agenti atmosferici. Il fenomeno, già noto per alcuni metalli come piombo e cadmio al punto che i limiti massimi sono più alti rispetto ad altre tipologie, è stato dimostrato anche per altri elementi, quali il vanadio (media 80,041 mg/kg), il molibdeno (media 0,547 mg/kg) e lo stronzio (media 5,6 mg/kg), i cui livelli sono risultati tutti significativamente più alti (tabelle 1-4). Stessa situazione per l'arsenico totale (media 0,015 mg/kg), per il quale, però, sono da segnalare valori medi più elevati anche per la piccola frutta e per le melanzane (media 0,011 mg/kg per entrambe le tipologie). Un comportamento inverso si è osservato, invece, per il rame, i cui livelli nelle Brassi-

cacee sono i più bassi tra tutti i prodotti vegetali analizzati. Per contro, il contenuto di rame in alcuni frutti della famiglia delle Rosacee risulta notevolmente più elevato dal confronto con i risultati ottenuti in uno studio su campioni di *Prunus persica* coltivati in Romania i cui valori variavano tra 0,013 mg/kg e 0,038 mg/kg.²⁹

Rispetto ad altri microelementi, il monitoraggio non ha riscontrato situazioni particolari, riportando un contenuto di microelementi simile a quello visto in vegetali coltivati in aree non inquinate;³⁰ l'analisi del berillio ha mostrato risultati nella quasi totalità dei casi inferiori al LoQ (0,0007 mg/kg), analogamente per il mercurio i risultati sono tutti prossimi al LoQ, tranne che in un campione di broccoli che ha mostrato un valore di 0,045 mg/kg, mentre per l'uranio, a eccezione di alcuni campioni appartenenti alla famiglia delle Brassicacee, non sono stati ritrovati valori elevati. Per il tallio, il monitoraggio ha mostrato una maggiore presenza di questo elemento nelle Solanacee, sia nelle patate sia nelle melanzane, con valori medi molto vicini tra loro (0,0081 e 0,0097 mg/kg rispettivamente), seppure affetti da una forte variabilità dei risultati (tabelle 1-4).

Per il cromo, infine, non sono emerse situazioni di particolare criticità, con valori caratterizzati da medie molto vicine tra loro, ma con una sensibile variabilità dei dati in tutte le specie ortofrutticole analizzate.

CONCLUSIONI

Il monitoraggio dei prodotti vegetali (frutta e ortaggi) provenienti dalla zona identificata come Terra dei fuochi in Campania ha permesso di escludere la contaminazione da metalli tossici, cadmio e piombo, il cui contenuto medio è risultato ben lontano dai limiti massimi fissati dalla normativa europea. Altri elementi in traccia, siano essi tossici o potenzialmente tossici, sono stati rilevati a concentrazioni che nella maggior parte dei casi non si discostano da quanto emerso nella letteratura scientifica nazionale e internazionale. La loro presenza, attribuibile a una varietà di fattori ambientali rilevanti, quali l'elevata concentrazione nel terreno dovuta alle caratteristiche geologiche dell'area, all'inquinamento del suolo, dell'atmosfera e delle acque di irrigazione, e purtroppo anche a pratiche illecite di smaltimento dei rifiuti industriali, non sembra costituire un rischio per la salute dei consumatori.

Resta comunque l'allerta per la presenza di questi inquinanti nell'ambiente e, di conseguenza, rimane la necessità che le attività di monitoraggio continuino, indirizzando le ricerche sulle specie vegetali che hanno mostrato maggiori livelli di accumulo³¹ e che, quindi, possono costituire un valido indicatore biologico di inquinamento.

Conflitti di interesse dichiarati: nessuno.

BIBLIOGRAFIA

- Di Lorenzo G, Federico P, De Placido S, Buonerba C. Increased risk of bladder cancer in critical areas at high pressure of pollution of the Campania region in Italy: a systematic review. *Crit Rev Oncol Hematol* 2015;96(3):534-41.
- Altavista P, Belli S, Bianchi F et al. Cause-specific mortality in an area of Campania with numerous waste disposal sites. *Epidemiol Prev* 2004;28(6):311-21.
- Albanese S, De Luca ML, De Vivo B, Lima A, Grezzi G. Relationships between heavy metal distribution and cancer mortality rates in the Campania region, Italy. In: De Vivo B, Belkin HE, Lima A (eds). *Environmental Geochemistry: Site Characterization, Data Analysis and Case Histories*. Amsterdam-London-New York-Sydney-Tokyo, Elsevier, 2008; pp. 387-400.
- Martuzzi M, Mitis F, Bianchi F, Minichilli F, Comba P, Fazzo L. Cancer mortality and congenital anomalies in a region of Italy with intense environmental pressure due to waste. *Occup Environ Med* 2009;66(11):725-32.
- Fazzo L, De Santis M, Mitis F et al. Ecological studies of cancer incidence in an area interested by dumping waste sites in Campania (Italy). *Ann Ist Super Sanita* 2011;47(2):181-91.
- Regolamento CE 1881/2006 della Commissione del 19 dicembre 2006 che definisce i tenori massimi di alcuni contaminanti nei prodotti alimentari. *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea* L 364 del 20.12.2006. Disponibile all'indirizzo: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=celex:32006R1881>
- European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water. *EFSA Journal* 2015;13(2):4002.
- European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for zinc. *EFSA Journal* 2014;12(10):3844.
- European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water. *EFSA Journal* 2014;12(3):3595.
- European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal* 2009;7(10):1351.
- Decreto legge n.136 del 10.12.2013 «Disposizioni urgenti dirette a fronteggiare emergenze ambientali e industriali e a favorire lo sviluppo delle aree interessate», convertito con Legge n.6 del 6.02.2014. *Gazzetta ufficiale della Repubblica italiana* dell'08.02.2014.
- Direttiva Ministeriale del 28.02.2014 «Indicazioni per lo svolgimento delle attività di cui all'art. 1 comma 1 bis del decreto legge 10 dicembre 2013 n. 136, convertito con modificazioni dalla legge 6 febbraio 2014 n. 6»
- Regolamento n. 333/2007 della Commissione del 28.03.2007 relativo ai metodi di campionamento e di analisi per il controllo ufficiale dei tenori di piombo, cadmio, mercurio, stagno inorganico, 3-MCPD e benzo(a)pirene nei prodotti alimentari. *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea* L88 del 29.03.2007. Disponibile all'indirizzo: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32007R0333>
- Menichini E, Viviano G. Trattamento dei dati inferiori al limite di rivelabilità nel calcolo dei risultati analitici. *Rapporti ISTISAN* 04/15, 2004. Disponibile all'indirizzo: <http://www.iss.it/binary/aria/cont/Rapporti%20Istisan%200415.1234858430.pdf>
- Esposito M, Picazio G, Serpe P, Lambiase S, Cerino P. Content of Cadmium and Lead in vegetables and fruits grown in Campania Region (Italy). *J Food Prot* 2015;78(9):1760-65.
- Pastorelli AA, Morelli S, Baldini M, Stacchini P, Sagratella E, Zaza S. Valutazione dei livelli di presenza di cadmio in matrici alimentari: studio pilota a livello Nazionale. *La Rivista di Scienza dell'Alimentazione* 2011;40(3):33-38.
- Skrbic B, Zivanceva I, Mrmos N. Concentrations of arsenic, cadmium and lead in selected foodstuffs from Serbian market basket: estimated intake by the population from the Serbia. *Food Chemical Toxicol* 2013;58:440-48.
- Becker W, Jorhem L, Sundstrom B, Petersson Grawe K. Contents of mineral elements in Swedish market basket diets. *J Food Compos Anal* 2011;24(2):279-87.
- Norton GJ, Deacon CM, Mestrot A et al. Cadmium and lead in vegetable and fruit produce selected from specific regional areas of the UK. *Sci Total Environ* 2015;533:520-27.
- Bakkali K, Ramos Martos N, Souhail B, Ballesteros E. Characterization of trace metals in vegetables by graphite furnace atomic absorption spectrometry after closed vessel microwave digestion. *Food Chemistry* 2009;116(2):590-94.
- Granata T, Alfa M, Giuffrida D, Rando R, Dugo G. Contaminazione da piombo, cadmio e rame di prodotti alimentari nell'area a rischio di Gela. *Epidemiol Prev* 2011;35(2):94-100.
- Beccaloni E, Vanni F, Beccaloni M, Carere M. Concentrations of arsenic, cadmium, lead and zinc in homegrown vegetables and fruits: Estimated intake by population in an industrialized area of Sardinia, Italy. *Microchemical Journal* 2013;107:190-95.
- Ferri R, Hashim D, Smith DR et al. Metal contamination of home garden soils and cultivated vegetables in the province of Brescia, Italy: Implications for human exposure. *Sci Total Environ* 2015;518-519:507-17.
- Luo C, Liu C, Wang Y et al. Heavy metal contamination in soils and vegetables near an e-waste processing site, south China. *J Hazard Mater* 2011;186(1):481-90.
- Khillare PS, Jyethi DS, Sarkar S. Health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals via dietary intake of vegetables grown in the vicinity of thermal power plants. *Food Chem Toxicol* 2012;50(5):1642-52.
- Guerra F, Trevizani AR, Muraoka T, Marcante NC, Caniatti-Brazaca SG. Heavy metals in vegetables and potential risk for human health. *Sci Agric* 2012;69(1):54-60.
- Ferrante M, Fiore M, Ledda C et al. Monitoring of heavy metals and trace elements in the air, fruits and vegetables and soil in the province of Catania (Italy). *Ig Sanita Pubbl* 2013;69(1):47-54.
- Centro di ricerca per gli alimenti e la nutrizione. *Tabelle di composizione degli alimenti*. Disponibile all'indirizzo: http://nut.entecra.it/646/tabelle_di_composizione_degli_alimenti.html
- Iordanescu OA, Alexa E, Radulov I, Costea A, Dobrei A, Dobrei A. Minerals and Amino Acids in Peach (*Prunus persica* L.) Cultivars and Hybrids Belonging to World Germoplasm Collection in the Conditions of West Romania. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2015;6:145-50.
- Rodriguez-Iruretagoiena A, Trebolazabala J, Martinez-Arkarazo I, de Diego A, Madridiaga JM. Metals and metalloids in fruits of tomatoes (*Solanum lycopersicum*) and their cultivation soils in the Basque Country: concentrations and accumulation trends. *Food Chem* 2015;173:1083-89.
- Baldantoni D, Morra L, Zaccardelli M, Alfani A. Cadmium accumulation in leaves of leafy vegetables. *Ecotoxicol Environmen Saf* 2016;123:89-94.