

CONTAMINANTI NEI PRODOTTI ALIMENTARI

Arsenico, Cromo, Nichel e Vanadio nei molluschi bivalvi e gasteropodi marini: questi sconosciuti



¹ERSILIA MARIA EPIFANIO, ²ANNA RITA LOSCHI, ³MARIO LATINI

¹Dirigente Veterinario, Azienda Ulss3 Serenissima

²Professore ordinario, Università degli Studi di Camerino, Scuola di Bioscienze e Medicina Veterinaria

³Dirigente Veterinario, World Organization Animal Health

Il Regolamento UE 915/2023 entrato in vigore da maggio 2023 che ha abrogato il Regolamento CE 1881/2006 e successive modifiche e integrazioni presenta alcune novità per quanto riguarda i limiti massimi dei contaminanti nei prodotti alimentari. Viene chiaramente esplicitato che gli alimenti non devono essere immessi sul mercato “e non sono impiegati come materie prime negli alimenti o come ingre-

dienti di alimenti” qualora contengano un contaminante in una quantità superiore al tenore massimo stabilito. Concetto questo non espresso nel precedente Regolamento.

Per “contaminante”, ai sensi del Reg. UE 315/1993, si intende: “ogni sostanza non aggiunta intenzionalmente ai prodotti alimentari, ma in essi presente quale residuo della produzione (compresi i trattamenti applicati alle colture e al bestiame e

nella prassi della medicina veterinaria), della fabbricazione, della trasformazione, della preparazione, del trattamento, del condizionamento, dell'imballaggio, del trasporto o dello stoccaggio di tali prodotti, o in seguito alla contaminazione dovuta all'ambiente". È importante mantenere i contaminanti ai livelli più bassi possibili attraverso il rispetto delle buone pratiche di lavorazione.

Un prodotto alimentare non può essere commercializzato se contiene contaminanti a livelli inaccettabili considerati pericolosi per la salute pubblica, in particolare sul piano tossicologico. L'uso e la vendita di alimenti con contaminanti oltre i limiti previsti dalla normativa in Italia costituisce reato ai sensi dell'art. 5 della Legge 283/62.

Per tutelare la salute pubblica la Commissione Europea ha stabilito tolleranze massime per vari contaminanti specifici, racchiuse in elenchi comunitari, spesso non esaurienti per le diverse matrici alimentari, in particolar modo per gli alimenti di origine animale. Ad esempio, nel *Phylum* dei molluschi oltre alla classe dei cefalopodi sono inclusi anche bivalvi e gasteropodi diversi per tropismo, metabolismo e per modalità di bioaccumulo.

I bivalvi sono animali "filtratori", che assumono l'alimento disciolto nell'acqua introducendolo attraverso due sifoni, inalante ed esalante. Possono popolare ambienti di acqua dolce, salmastra o salata, concentrando gli agenti inquinanti a livello dell'epatopancreas. Pertanto, se le attività antropiche o l'ambiente naturale provocano contaminazione delle acque, il consumatore di molluschi bivalvi può incorrere in un potenziale pericolo per la propria salute. I Regolamenti UE 624/2019 e 627/2019 prevedono, per i molluschi bivalvi vivi, un monitoraggio per tenere sotto controllo i tenori di contaminanti chimici, biotossicologici e microbiologici. Attualmente il monitoraggio dei parametri microbiologici viene effettuato a seguito di una adeguata sorveglianza sanitaria che individua i luoghi più rappresentativi in cui eseguire i campionamenti a differenza di quanto avviene per il monitoraggio dei parametri chimici, che ancora oggi non è previsto. Pertanto, attualmente, i piani di campionamento per le analisi chimiche sui molluschi bivalvi non seguono in pieno una corretta valutazione del rischio. Molte regioni Italiane provvedono a effettuare un inventario delle fonti di inquinamento nelle zone di produzione dei molluschi bivalvi ai fini di valutare attentamente il rischio di contaminazione chimica, di stabilire i punti di campionamento che ricadono nelle aree maggiormente impattate da tali fonti ottimizzando i costi e le risorse per il controllo. La presenza di contaminanti chimici nei molluschi non può essere ridotta con alcun tipo di trattamento [15] quindi, per garantire un'efficace protezione della salute pubblica, il Regolamento UE 915/2023 della Commissione europea fissa solo i livelli massimi per i contaminanti, quali Cadmio, Piombo e Mercurio. Questo Regolamento aggiunge i limiti per l'Arsenico (As) inorganico, ma non per gli alimenti di origine animale, che invece possono contenere i livelli più

elevati di tale metallo come, ad esempio, i prodotti della pesca, i crostacei e i molluschi, sebbene presente in forma di Arsenico organico, meno nocivo. Il contenuto di arsenico inorganico, in questi alimenti, essenzialmente tossico, è invece di solito scarso. Tuttavia, alcune specifiche matrici ittiche, come i molluschi bivalvi, possono accumulare arsenico inorganico fino a concentrazioni molto elevate [31].

Nel 2021, l'EFSA ha condotto una accurata analisi del rischio per i livelli di As negli alimenti e una valutazione della stima del rischio per l'esposizione allo stesso Arsenico inorganico negli alimenti e nell'acqua potabile. I risultati hanno evidenziato un'alta esposizione della popolazione a seguito di alimentazione con prodotti lavorati a base di cereali, riso, latte e acqua potabile. In un parere scientifico del 2009, l'EFSA ha concluso di non poter fissare un livello di sicurezza per l'Arsenico negli alimenti di origine animale; tuttavia, sono stati stimati dei livelli per cui tale metallo potrebbe causare un danno per l'uomo. È ipotizzabile un aumento del rischio di cancro del polmone, della pelle e della vescica, nonché lesioni cutanee. Il range di riferimento è di 0,3-8 µg/kg p.c./giorno può considerarsi un range accettabile.

Ancora oggi il nuovo regolamento non prevede limiti per Cromo, Nichel e Vanadio, metalli di interesse crescente per le loro alte proprietà tossiche.

Attualmente l'EFSA ha definito per questi dosi giornaliere tollerabili (DGT), attualmente per Nichel (Ni) sono stati individuati tenori massimi (20µg/l) soltanto per le acque minerali naturali e acqua potabile, per quest'ultima alcuni studi indicano la possibile presenza di Cromo (Cr⁶⁺).

In considerazione del fatto che i molluschi bivalvi possono concentrare Vanadio (V) da trenta a cinquanta volte rispetto alla sua concentrazione nell'acqua marina [29]. Questo tasso di concentrazione fa sì che i molluschi bivalvi possano avere una maggiore quantità di vanadio (V) rispetto ai pesci [6]. Pertanto, sarebbe auspicabile un adeguato controllo analitico di tali prodotti (sia freschi che trasformati) in modo da garantirne un consumo sicuro [13].

Nei prodotti ittici dell'Adriatico, i livelli di Vanadio (V) descritti in bibliografia vanno da 89,9 ng/g (acciuga), a 79,1 ng/g fw (triglia), a 43,3 ng/g fw (sgombro). Nei pesci pescati nell'atlantico i livelli riscontrati sono risultati essere notevolmente inferiori, nel range di 0,82-5,14 ng/g su base secca nel merluzzo, sogliola, vongola, mitilo, scampo [30].

Uno studio su pesci del mare Adriatico ha evidenziato livelli di Cromo variabili da <1 a 75 µg/kg [5]. Ulteriori studi evidenziano nei pesci mediterranei concentrazioni di 0,2-0,3 µg/g mentre nei molluschi gasteropodi i livelli variano tra 0,6 e 0,7 µg/g. La contaminazione riscontrata nel tessuto muscolare di trote iridee del fiume Po è 0,05 µg/g. In prodotti ittici marini di origine spagnola è stato rilevato Cromo in concentrazioni variabili da 4 a 79 µg/kg. Attualmente, a livello internazionale non sono stati fissati valori guida per l'assunzione di Cromo da parte della popolazione generale se non la generica racco-

mandazione del World Health Organization (WHO) di non superare i 250 µg/persona die [33] e la dose raccomandata secondo la Direttiva 100/2008 della Commissione Europea di 40 µg/die. Il Nichel risulta maggiormente prevalente nei molluschi bivalvi nel periodo invernale. In generale le specie di molluschi bivalvi che lo concentrano maggiormente sono mitili e ostriche [32]. Pertanto, risulta necessario stabilire dei limiti in quanto tali contaminanti rientrano nella classifica WHO delle sostanze del Gruppo 1 (cancerogeni per l'uomo) e gruppo 2B (potenziali cancerogeni per l'uomo) [16].

Scopo

Scopo del presente studio è stato quello di valutare la presenza dei metalli Arsenico (As), Cromo (Cr), Nichel (Ni) e Vanadio (V) nei molluschi mitili (*Mytilus galloprovincialis*), vongole (*Chamelea gallina*), ostriche (*Ostrea edulis*), murici (*Bolinus brandaris*) e lumachini (*Nassarius mutabilis*) raccolti nell'area medio Adriatica ai fini della tutela della salute pubblica.

Materiali e metodi

Sono stati analizzati 790 campioni appartenenti a cinque specie differenti, delle quali due specie di molluschi gasteropodi marini *Bolinus brandaris* (Murice Spinoso) e *Nassarius mutabilis* (Lumachino) e tre specie di molluschi bivalvi *Mytilus galloprovincialis* (Mitilo), *Chamelea gallina* (Vongola) e *Ostrea edulis* (Ostrica piatta). In particolare, sono stati campionati: 90 (11,39%) Mitili, 660 (83,54%) Vongole, 10 (1,27%) Ostriche, 20 (2,53%) Murici e 10 (1,27%) Lumachini (figura 1). I molluschi sono stati prelevati nelle zone di produzione dei tratti marino costieri di competenza della Regione Marche nel periodo 2012-2018.

I metalli sono stati analizzati secondo metodi analitici accreditati UNI CEI EN ISO / IEC 17025 e Regolamento CE 333/2007 e successive modifiche per quanto riguarda i protocolli di campionamento e le prestazioni analitiche. I campioni sono stati analizzati mediante spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS). I metodi analitici erano pienamente convalidati in condizioni di riproducibilità intra-laboratorio.

Per ciascuna specie di molluschi bivalvi e gasteropodi marini è stata calcolata la media delle singole concentrazioni di metalli considerati espressa in mg/kg con le relative deviazioni standard.

Risultati e discussione

I risultati delle medie delle concentrazioni dei metalli pesanti riscontrati sono riportati in tabella 1. Nelle figure 2, 3, 4, 5 sono riportate le medie delle concen-

trazioni dei metalli pesanti per ciascuna specie di molluschi. Le concentrazioni di Cromo riscontrate risultano lievemente al di sopra delle dosi giornaliere raccomandate (0,28 mg/kg nei mitili e 0,33 mg/kg nelle vongole). L'EFSA ritiene che la dose effetto per questo metallo sia fortemente influenzata dalla categoria dei consumatori. Infatti, per i soggetti con anamnesi di allergie, di varia natura, non è possibile stabilire un valore-guida certo per l'assunzione alimentare che non causi danni alla salute del consumatore stesso. In individui con un'anamnesi di dermatite da contatto è stato accertato che l'esposizione alimentare di 500 µg/giorno (circa 8 µg/kg/peso corporeo/die) di Nichel determina l'aggravamento dell'eczema cutaneo. Contrariamente a quanto osservato da alcuni autori, nel presente studio la specie *Chamelea gallina* ha evidenziato concentrazioni di Nichel maggiori rispetto ai mitili a differenza dei valori riferiti al Vanadio che evidenziano uno 0,48 mg/kg per *Mytilus galloprovincialis* e 0,32 mg/kg in *Chamelea gallina*. I valori medi di Vanadio confermano la maggiore concentrazione di tale contaminante in acque superficiali rispetto alle acque oceaniche [30]. Le concentrazioni risultano al di sotto del limite superiore tollerabile di assunzione pari a 1,8 mg/giorno di Vanadio indicato dall'*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*/Agenzia per le sostanze tossiche e registro delle malattie [2]. Se si considerano esposizioni alimentari di 15-364 giorni il WHO indica un livello minimo di rischio di vanadio pari a 0,01 mg/kg al giorno.

I risultati osservati appaiono legati al diverso habitat, capacità filtrante e bioaccumulo caratteristici per ciascuna specie [4]. Per quanto riguarda i gasteropodi, i possibili fattori implicati nell'accumulo di metalli pesanti potrebbero derivare direttamente dall'ambiente, generalmente vivono in sedimenti fini [21] e da proteine leganti il metallo quali le metallotioneine presenti nel loro corpo coinvolte nella formazione del guscio. Le metallotioneine hanno ottima capacità di catturare metalli pesanti bloccandone l'attività tossica e sono abbondanti nell'epatopancia di ostriche e murici [22]. A seguito del consumo di ostriche e di gasteropodi la bioaccessibilità legata a tali proteine può superare il 70% e causare tossicità nell'uomo. È stato dimostrato che tale bioaccessibilità aumenta con l'aggiunta di limone e aceto all'alimento ma si riduce con la cottura (a meno del 50% di quella iniziale) [20]. In termini generali, il processo di cottura ha un valore

Tabella 1. Risultati delle medie delle concentrazioni ± ds di metalli nelle diverse specie di molluschi campionate

	Arsenico	Cromo	Nichel	Vanadio
Mitili	0,29 ± 0,14	0,28 ± 0,15	0,58 ± 0,22	0,48 ± 0,25
Vongole	0,036 ± 0,016	0,33 ± 0,46	1,0 ± 0,22	0,32 ± 0,15
Ostriche	0,17 ± 1,12	nd	nd	nd
Murici	nd	nd	nd	nd
Lumachini	nd	nd	nd	nd

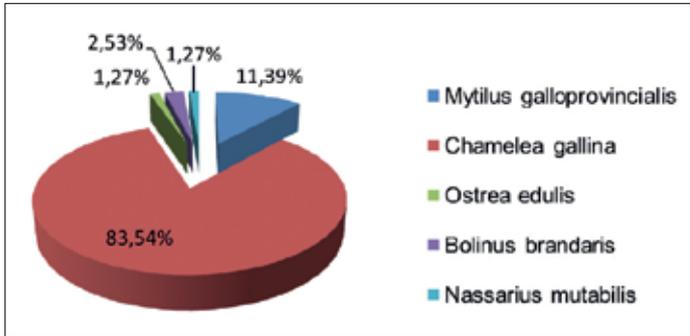


Figura 1.

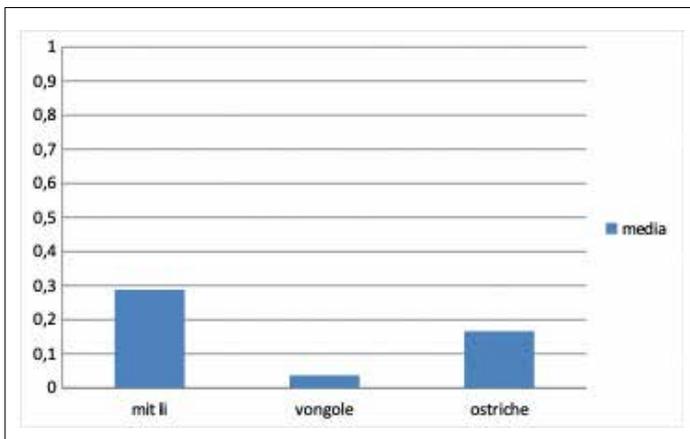


Figura 2.

limitato come mezzo per ridurre le concentrazioni di metalli. Questa ipotetica riduzione dipende dalle condizioni di cottura (tempo, temperatura e mezzo) [20]. Altre indagini condotte su vari prodotti ittici hanno registrato un aumento significativo della concentrazione di Arsenico totale e inorganico [7] in bivalvi cotti. Un meccanismo di detossificazione impiegato dai molluschi esposti a metalli pesanti [1] è rappresentato dalla formazione di sali insolubili come i solfuri che rendono il metallo non più biodisponibile.

Conclusioni

I dati hanno evidenziato una ridotta contaminazione sia dei molluschi bivalvi che dei gasteropodi marini raccolti nelle coste medio adriatiche, come anche dimostrato da altri autori [3]. Tuttavia, la presenza di residui di metalli pesanti conferma che la contaminazione chimica degli alimenti in generale e dei prodotti ittici in particolare rappresenta un possibile rischio, a lungo termine, per la salute umana anche se alcuni autori [19] ritengono che i benefici dell'assunzione di tali alimenti compensino i possibili rischi associati al loro consumo in una popolazione sana.

I molluschi bivalvi si sono confermati buoni biomarcatori ambientali e le fonti della contaminazione derivano, senza dubbio,

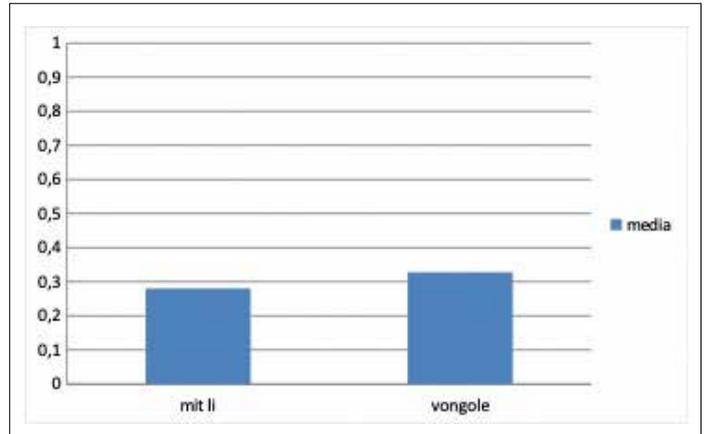


Figura 3.

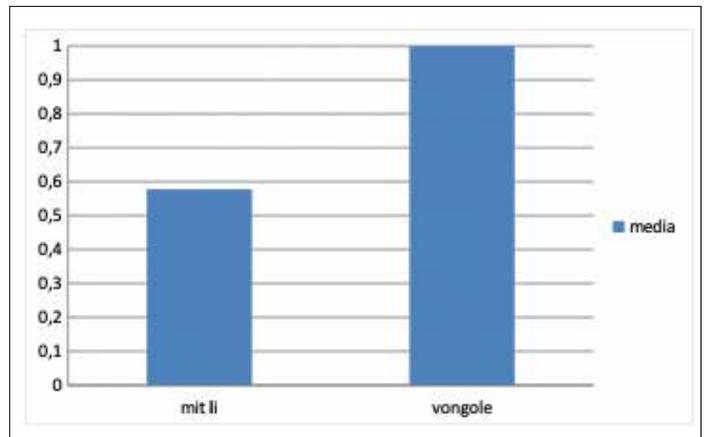


Figura 4.

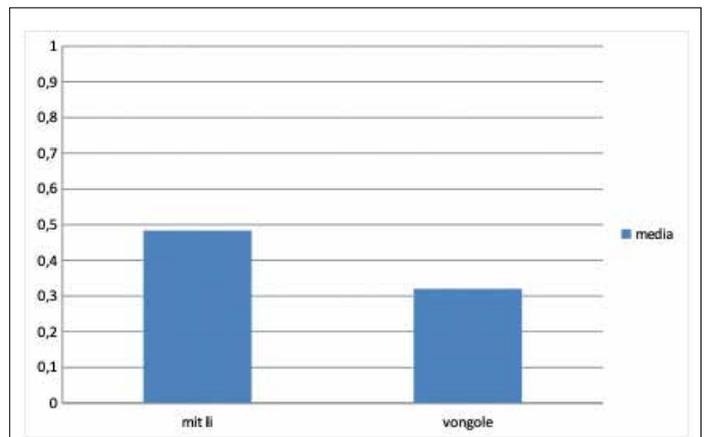


Figura 5.

dall'inquinamento ambientale e dai cambiamenti climatici. Cromo, Nichel, Arsenico e Vanadio sono metalli di interesse crescente per le loro proprietà tossiche e per i quali ancora oggi la normativa nazionale e comunitaria non stabilisce limiti massimi per alcuna matrice alimentare.

I risultati ottenuti non evidenziano reali problemi di accumulo nella catena alimentare, ma emerge chiaramente la necessità di un approfondimento della conoscenza di tale problematica da parte delle Autorità nazionali e internazionali per la sicurezza alimentare, soprattutto per i contaminanti per i quali, a oggi, non esistono limiti massimi e, visto il peggioramento delle condizioni climatiche e ambientali, sarebbe necessaria anche una successiva revisione dei limiti massimi residuali per quelli già stabiliti. Sulla base di nuove informazioni, infatti, le buone prassi di pesca non consentono di mantenere i tenori di contaminanti normati Cadmio, Mercurio e Piombo a un livello tanto basso quanto è richiesto dal Regolamento CE 915/2023.

Attenzione particolare meritano i gasteropodi marini, in merito ai quali a oggi le informazioni disponibili risultano scarse. Andrebbero valutate anche eventuali modifiche all'elenco delle specie ittiche considerate a maggior rischio di contaminazione. Inoltre, la copresenza di più contaminanti può dare origine a effetti sinergici non sempre facilmente calcolabili. I metalli pesanti accumulati nella polpa dei molluschi sia bivalvi che gasteropodi, mostrano concentrazioni maggiori in determinati organi, in particolare nella ghiandola digestiva o epatopancreas, che svolge un ruolo attivo nella loro assimilazione, disintossicazione e/o eliminazione. Sono state dimostrate anche contaminazioni rilevanti nella conchiglia.

La cinetica di contaminazione/decontaminazione dipende anche da fattori chimico-fisici come il livello e le vie di contaminazione, fisiologici specie-dipendenti come il tasso di crescita, l'alimentazione e la fase riproduttiva e, infine, ambientali come la temperatura, salinità, pH delle acque. L'eliminazione dell'epatopancreas ridurrebbe, senza dubbio, il rischio di esposizione ai vari contaminanti. La letteratura fornisce comunque delle indicazioni utili per un più corretto consumo dei prodotti ittici: animali di dimensioni maggiori presentano un maggior accumulo di contaminanti. Sono necessarie ulteriori ricerche per valutare anche l'effetto delle diverse modalità di preparazione degli alimenti relativamente alla concentrazione finale di metalli pesanti. Dai dati raccolti nel presente studio si può rilevare come vi siano forti evidenze per raccomandare di non ridurre i programmi di monitoraggio chimico e/o il controllo ufficiale esistenti per i molluschi bivalvi e gasteropodi.

I livelli di contaminanti sono spesso influenzati anche dalla stagione nella quale i molluschi sono raccolti. Pertanto, benché sia basilare riaffermare, in accordo con la legislazione vigente, che per garantire i consumatori di molluschi bivalvi dal rischio chimico, la loro produzione e commercializzazione debba essere gestita dagli operatori del settore alimentare secondo le procedure di sicurezza.

Tuttavia, ai fini della qualità e sicurezza del prodotto, è fondamentale il ruolo delle Autorità competenti nel monitoraggio della produzione primaria e nel controllo della filiera commerciale.

Anche se i risultati mostrano alcune aree con livelli di attenzione per alcuni metalli, i campionamenti effettuati consentono di considerare tali prodotti "sicuri". Si può concludere che l'interpretazione dei risultati analitici richiede sempre la stima delle differenze tra le varie specie nella capacità di bioaccumulo e che dai piani di monitoraggio delle zone classificate per la molluschicoltura e da quelli del controllo ufficiale per la sicurezza alimentare si possono trarre utili informazioni di trend temporali e sito-specifici.

Bibliografia

1. Amiard J.C., Amiard-Triquet C., Barka S., Pellerin J., Rainbow P.S. (2006). Metallothioneins in aquatic invertebrates: their role in metal detoxification and their use as biomarkers. *Aquat Toxicol.*, 76: 160-202.
2. ATSDR (2012). Agency for Toxic Substances and Disease Registry Toxicological profile for Vanadium. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
3. Barchiesi F., Branciaro R., Latini M., Roila R., Lediani G., Filippini G., Scortichini G., Piersanti A., Roccheggiani E., Ranucci D. (2020). Heavy Metals Contamination in Shellfish: Benefit-Risk Evaluation in Central Italy. *Foods*, 9, 1720.
4. Bille L., Binato G., Cappa V., Toson M., Dalla Pozza M., Arcangeli G., Ricci A., Angeletti R., Piro R. (2015). Lead, mercury and cadmium levels in edible marine molluscs and echinoderms from the Veneto Region (north-western Adriatic Sea e Italy). *Food Control*, 50, 362-370.
5. Bratakos M.S., Lazos E.S., Bratakos S.M. (2002). Chromium content of selected Greek foods. *The Science of the Total Environment*, 290 (1-3), 47-58.
6. Copat C., Arena G., Fiore M., Ledda C., Fallico R., Sciacca S., Ferrante M. (2013). Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: Consumption advisories. *Food and Chemical Toxicology*, 53, 33-37.
7. Deversa V., Macho M.L., Jalon M., Urieta I., Munoz O., Suner M.A., Lopez F., Velez D., Montoro R. (2001). Arsenic in cooked seafood products: study on the effect of cooking on total and inorganic arsenic contents. *Agric. Food Chem.*, 49, 4132-4140.
8. Direttiva 2008/100/CE Della Commissione Europea del 18 ottobre 2008 che modifica la direttiva 90/496/CEE del Consiglio relativa all'etichettatura nutrizionale dei prodotti alimentari per quanto riguarda le razioni giornaliere raccomandate, i coefficienti di conversione per il calcolo del valore energetico e le definizioni. *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L 285/9*, 29.10.2008.
9. EFSA (2008). Scientific Opinion on the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food. Vanadium citrate, bismaltolato oxo vanadium and bisglicinato oxo vanadium added for nutritional purposes to foods for particular nutritional uses and foods (including food

supplements) intended for the general population and vanadyl sulphate, vanadium pentoxide and ammonium monovanadate added for nutritional purposes to food supplements (2008). *The EFSA Journal*, 634, 1-5.

10. EFSA (2009). Scientific Opinion on Arsenic in Food (Parere scientifico sulla presenza di arsenico negli alimenti). *The EFSA Journal*, 7(10):1351.

11. EFSA (2014). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for Chromium. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). *The EFSA Journal*, 12 (10): 3845.

12. EFSA (2015). Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *The EFSA Journal*, 13 (2): 4002.

13. EFSA (2018). Guidance on harmonised methodologies for human health, animal health and ecological risk assessment of combined exposure to multiple chemicals. Document on public consultation. *The EFSA Journal*, 17,3.

14. EFSA (2021). Chronic dietary exposure to inorganic arsenic. *The EFSA Journal*, 19,1.

15. Huss H.H., Ababouch L., Gram L. (2004). Assessment and management of seafood safety and quality. In: Food and Agriculture Organization of the United States. FAO fisheries technical paper, Rome, Italy, 53.

16. International Agency for Research on Cancer (1990). IARC monographs on the evaluation risks to human. Chromate, nickel and welding, 49, 1990.

17. International Standard Organization (ISO) (2018). General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories; ISO/IEC 17025:2018; International Standard Organization: Geneva, Switzerland, 2018.

18. Legge 30 Aprile 1962, n. 283 Modifica degli articoli 242, 243, 247, 250 e 262 del testo unico delle leggi sanitarie, approvato con regio decreto 27 luglio 1934, n. 1265: Disciplina igienica della produzione e della vendita delle sostanze alimentari e delle bevande. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana* n. 139 del 04.06.1962.

19. Noël L., Testu C., Chafey C., Velge P., Guérin T. (2011). Contamination levels for lead, cadmium and mercury in marine gastropods, echinoderms and tunicates. *Food Control*, 22, 433-437.

20. Perello G., Marti-Cid R., Llobet J.M., Domingo J.L. (2008). Effects of various cooking processes on the concentrations of arsenic, cadmium, mercury and lead in foods. *Agric. Food Chem.*, 56, 11262-11269.

21. Primost M.A., Gil M.N., Bigatti G. (2017). High bioaccumulation of cadmium and other metals in Patagonian edible gastropods. *Mar. Biol. Res.*, 13, 774-781.

22. Ramšak A., Štancar J., Horvat M. (2012). Evaluation of metallothioneins in blue mussels (*Mytilus galloprovincialis*) as a biomarker of mercury and cadmium exposure in the slovenian waters (Gulf of Trieste): a long-term field study. *Acta Adriat.*, 53: 71-86.

23. Regolamento (CEE) n. 315/1993 del Consiglio dell'8 Febbraio 1993 che stabilisce procedure comunitarie relative ai contaminanti nei prodotti alimentari. *Gazzetta Ufficiale Unione Europea* L 37/51, 13.02.1993.

24. Regolamento (UE) n. 333/2007 della Commissione del 28 Marzo 2007 relativo ai metodi di campionamento e di analisi per il controllo ufficiale del tenore di piombo, cadmio, mercurio, stagno inorganico, 3-MCPD e benzo(a)pirene nei prodotti alimentari. *Gazzetta Ufficiale Unione Europea* L 88/29, 29.03.2007.

25. Regolamento delegato (UE) n. 624/2019 della Commissione dell'8 Febbraio 2019 recante norme specifiche per l'esecuzione dei controlli ufficiali sulla produzione di carni e per le zone di produzione e di stabulazione dei molluschi bivalvi vivi in conformità al regolamento (UE) 2017/625 del Parlamento europeo e del Consiglio. L 131/1, 17/05/2019.

26. Regolamento di esecuzione (UE) n. 627/2019 della Commissione del 15 Marzo 2019 che stabilisce modalità pratiche uniformi per l'esecuzione dei controlli ufficiali sui prodotti di origine animale destinati al consumo umano in conformità al Regolamento (UE) n. 625/2017 del Parlamento Europeo e del Consiglio e che modifica il Regolamento (CE) n. 2074/2005 della Commissione per quanto riguarda i controlli ufficiali. *Gazzetta Ufficiale Unione Europea* L 131/51, 17.05.2019.

27. Regolamento (CE) n. 1881/2006 della Commissione del 19 Dicembre 2006 che definisce i tenori massimi di alcuni contaminanti nei prodotti alimentari. *Gazzetta Ufficiale Unione Europea* L 364/5, 20.12.2006.

28. Regolamento (UE) n. 915/2023 della Commissione del 25 Aprile 2023 relativo ai tenori massimi di alcuni contaminanti negli alimenti e che abroga il Regolamento (CE) n. 1881/2006. *Gazzetta Ufficiale Unione Europea* L 119/103, 05.05.2023.

29. Richert J.C., Hardaway C.J., Sneddon J. (2014). Laboratory controlled study of the uptake and release of vanadium by oysters (*Crassostrea virginica*). *Microchemical Journal*, 113 1-3.

30. Sepe A., Ciaralli L., Ciprotti M., Giordano R., Funari E., Costantini S (2003). Determination of cadmium, chromium, lead and vanadium in six fish species from the Adriatic Sea. *Food Addit. Contam.*, 20, 543-552.

31. Sloth Jens J, Julshamm Kare. (2008). Survey of total and inorganic arsenic content in blue mussels (*Mytilus edulis* L.) from Norwegian fiords: revelation of unusual high levels of inorganic arsenic. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 1269-1273.

32. Wang N., Ivey C.I., Ingersoll C.G., Brumbaugh W.G., Alvarez D., Hammer E.J., Bauer C.R., Augspurger T., Raimondo S., Barnhart M.C. (2017). Acute sensitivity of a broad range of freshwater mussels to chemicals with different modes of toxic action. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36, (3), 786-796.

33. WHO (1998). World Health Organization Regional Office for Europe Copenhagen. *Environmental Health Criteria* 61. International program on chemical safety.chromium.