

T. BERTI, G. BRESSA & G. MOSCHINI

ACCUMULO DI METALLI PESANTI E RADIOATTIVITA' NEI FUNGHI EDULI ED EVENTUALI IMPLICAZIONI PER I CONSUMATORI

Riassunto - T. BERTI, G. BRESSA & G. MOSCHINI - Accumulo di metalli pesanti e radioattività nei funghi eduli ed eventuali implicazioni per i consumatori.

Gli AA. passano in rassegna le possibilità di contaminazione dei funghi eduli da parte di metalli pesanti (soprattutto mercurio) ed elementi radioattivi. Per quanto concerne gli eventuali pericoli per i consumatori si esclude che, in linea di massima, le sostanze tossiche ingerite, attraverso un consumo normale di funghi, sono al di sotto della soglia per un sensibile rischio d'intossicazione.

Andare in cerca di funghi è sempre emozionante, ma può comportare dei rischi. Sono tanti infatti gli intossicati che puntualmente ogni anno mettono a repentaglio la propria vita per essersi dedicati a questa piacevole attività.

Si sa che andar per funghi nei periodi di siccità è sconsigliabile per la scarsità di prodotto reperibile, come pure durante le giornate di pioggia intensa, in quanto i funghi marciscono facilmente. Comunque oltre alla conoscenza dei luoghi e dei periodi di maggior produzione, è più importante saper distinguere le specie mangerecce da quelle velenose.

Dando per scontato che si abbia una buona conoscenza in merito, esiste sempre il rischio di intossicazioni anche in seguito al consumo di funghi eduli. Ciò è dovuto alla diffusione sempre più crescente di sostanze chimiche tossiche.

nell'ambiente, come ad esempio pesticidi, bifenili policlorurati (PCB), solventi organici, metalli pesanti, ecc., anche molto lontano dalle aree industrializzate.

Quindi, come si conosce che è pericoloso raccogliere funghi commestibili in prossimità di inceneritori, impianti industriali, aeroporti, autostrade o in campi trattati con antiparassitari, forse non è da tutti conosciuto che esiste la possibilità di un'eventuale contaminazione in zone considerate remote. Ne è stato un esempio clamoroso l'incidente di Chernobyl, dove la fuoriuscita di materiale radioattivo ha contribuito ad aumentare il rischio di radiointossicazione per gli abituali consumatori di funghi di molti Paesi Europei. In particolare la concentrazione di cesio-137, che dopo alcune settimane dall'accaduto era nei funghi nell'ordine di oltre 1000 Bq/Kg peso fresco (Bracchi et al., 1986), non tendeva a ridursi con il passar del tempo, almeno per alcuni generi come il *Cantharellus* e il *Boletus*.

Sembrerebbe che i funghi rispetto ad altri organismi abbiano una spiccata capacità di accumulare sostanze tossiche, che non sono nocive per essi, ma che potrebbero diventare pericolose se venissero assunte da organismi superiori, compreso l'uomo.

METALLI PESANTI

Ricerche effettuate in diversi Paesi Europei, tra cui Cecoslovacchia, Finlandia, Francia, Italia, Norvegia, Polonia, Svizzera e Jugoslavia, hanno evidenziato che molte specie di funghi eduli, cresciuti lontano da centri abitati, contenevano elevati tassi di alcuni metalli tossici per l'uomo (Stegnar et al., 1973; Pallotti et al., 1976; Quinche et al., 1976; Stijve e Besson, 1976; Allen e Steinnes, 1978; Seeger, 1978; Kroupa et al., 1980; Tyler, 1980; Lodenius et al., 1981; Bargagli, 1984; Zachara et al., 1986; Quinche, 1987).

Nella Tab. 1 sono riportati i dati delle analisi eseguite su alcuni campioni di funghi posti in vendita su alcuni mercati europei. Da un confronto dei valori emergono notevoli differenze fra le specie (il contenuto di mercurio nel *Boletus edulis* è generalmente oltre 30 volte superiore a quello rilevato nel *Cantharellus cibarius*, nel *Pleurotus ostreatus* o *Morchella conica*). Tuttavia, la capacità dei funghi di accumulare certi metalli è conosciuta sin dal 1947 (Bertrand e Bertrand, 1947), ma i meccanismi coinvolti in tale processo non sono stati ancora del tutto definiti. Rimane certo che solo alcune specie fungine hanno la proprietà di trattenere nei corpi fruttiferi alcuni metalli ad elevate concentrazioni in rapporto al tenore nel suolo. A prescindere dagli studi effettuati da Stijve (1977), Quinche (1983) e Zachara et al. (1985), limitati al selenio e allo zinco, la maggioranza dei ricercatori ha indagato sulla presenza di cadmio e di mercurio nei funghi allo scopo di un eventuale impiego di questi organismi come indicatori biologici

CONCENTRAZIONI MEDIE DI MERCURIO ($\mu\text{g/g}$ PESO SECCO) IN CAMPIONI DI FUNGHI PRELEVATI SUI VARI MERCATI

Tabella 1

Luogo di prelievo	Specie	Hg	Note
Svizzera (a)	<i>Agaricus bisporus</i>	1,9	essiccato
	<i>Agaricus bisporus</i>	0,7	liofilizzato
	<i>Auricularia polytricha</i>	0,1	essiccato
	<i>Boletus edulis</i>	3,4	essiccato
	<i>Cantharellus cibarius</i>	0,1	in scatola
	<i>Gyromitra esculenta</i>	0,1	essiccato
	<i>Lentinus edulis</i>	0,1	essiccato
	<i>Morchella conica</i>	0,1	essiccato
Slovenia (b)	<i>Boletus edulis</i>	2,3	fresco
Serbia (b)	<i>Boletus edulis</i>	2,5	fresco
Roma (c)	<i>Boletus edulis</i>	1,3	essiccato
	<i>Psalliota hortensis</i>	0,6	fresco
Siena (d)	<i>Boletus edulis</i>	2,0	fresco
	<i>Boletus edulis</i>	1,7	essiccato
	<i>Hygrophorus russula</i>	2,2	fresco
	<i>Psalliota hortensis</i>	0,8	fresco
	<i>Pleurotus ostreatus</i>	0,1	fresco

(a) Stijve e Roschnik, 1974; (b) Byrne et al., 1976; (c) Pallotti et al., 1976; (d) Bargagli, 1986.

nel monitoraggio di zone contaminate da tali elementi. Infatti Stegnar et al. (1973) hanno osservato che, ad esempio, il *Lycoperdon perlatum* ha la specifica proprietà di accumulare il mercurio. In seguito McCreight e Schroeder (1977), analizzando il contenuto di piombo presente in esemplari della suddetta specie cresciuti lungo il bordo di una strada, hanno confermato l'utilità del *Lycoperdon p.* in studi di monitoraggio ambientale.

L'accumulo di mercurio da parte di alcune specie di funghi superiori è stato anche dimostrato da Stijve e Besson (1976), i quali hanno determinato il contenuto del metallo nel genere *Agaricus*. Gli AA. hanno pure analizzato i tassi di mercurio, cadmio e piombo in 27 campioni di funghi prelevati nei dintorni di Ginevra, riscontrando elevate concentrazioni di cadmio, che erano presenti con

il medesimo Fattore di accumulo (FA) del mercurio, pur essendo stati raccolti in gran parte in aree lontane dalla città.

Un altro interessante studio è stato effettuato da Byrne et al. (1976), i quali hanno indagato sul contenuto di 10 elementi in tracce - As, Br, Cd, Cu, Hg, I, Mn, Se, V e Zn - in 27 specie di funghi superiori raccolti in diversi siti della Slovenia. Furono riscontrati alti tassi di mercurio osservando inoltre l'accumulo di cadmio in molte specie con un valore medio di 5 ppm. In particolar modo si notò che le specie di *Amanita* accumulavano il bromo, mentre il *Boletus edulis* accumulava il selenio.

Sebbene l'accumulo di cadmio sia stato osservato pure in specie del genere *Agaricus* da Stijve e Besson (1976), Laub et al. (1977) hanno scoperto che l'*Agaricus campestris* (sub-genere *Rubescantes*) accumulava meno cadmio rispetto alla specie del subgenere *Flavescens*. Questi AA. hanno notato anche che il metallo si concentrava maggiormente nel cappello piuttosto che nel gambo. Inoltre è stato evidenziato che le concentrazioni dei metalli nei corpi fruttiferi aumentano con l'accrescimento (Leh, 1975).

Lo studio più ampio che è stato pubblicato sinora è quello di Seeger (1978) che ha analizzato ben 1049 campioni di 402 specie, provenienti da più siti della Germania Orientale. L'autore di questa indagine ha rilevato che il contenuto di Cd nei funghi variava notevolmente da specie a specie e che il metallo tendeva a concentrarsi prevalentemente nel cappello. Tali dati confermano gli studi di Laub et al. (1977).

Un'altra ricerca è stata effettuata in 15 località del sud della Boemia, dove Drbal e Kalec (1976) hanno osservato che tra le quindici specie di funghi prese in esame, l'*Agaricus* conteneva le più elevate concentrazioni di cobalto. La capacità dimostrata da molte specie di funghi di accumulare elevate quantità di metalli pesanti ha indotto a valutare il rischio di un possibile utilizzo dei rifiuti urbani ed industriali nell'allestimento del compost per la coltivazione commerciale dei funghi eduli. Bressa et al. (1988) hanno sperimentato la possibilità di bioaccumulo di mercurio da parte del fungo *Pleurotus ostreatus*, cresciuto su un compost artificiale contaminato da questo elemento. Ne è emerso che il fungo aveva una elevata capacità di accumulare il metallo con un Fattore di accumulo (FA) di 65-140. Tale abilità da parte del *Pleurotus ostreatus* è stata pure osservata nei confronti del cadmio (Favero et al., 1987). Tuttavia il meccanismo di accumulo rimane sconosciuto. Alcuni AA. hanno ipotizzato che alla base di tale processo possano esserci delle componenti presenti nel tessuto del fungo denominate micofosfatine (Meish et al., 1983) e metallotioneine (Lerch, 1980; Munger e Lerch, 1985), capaci di fissare chimicamente i metalli tossici assorbiti dal terreno.

Per quello che concerne gli eventuali rischi per i consumatori, si può asserire che i funghi hanno in genere un'irrelevante incidenza nella dieta, in quanto il loro consumo è generalmente limitato ad alcuni periodi dell'anno. Ammet-

tendo che una persona mangi in un anno 1 Kg di funghi (peso fresco) e che questi abbiano una concentrazione media di mercurio di 3,5 mcg/g, si avrà una assunzione di 350 mcg/anno del metallo, cioè circa 6-7 mcg/settimana. Essendo questa quantità molto bassa, non è prevedibile alcun effetto tossico. La Commissione Codex Alimentarius (FAO/OMS, 1972) ha stabilito per il mercurio, che è un elemento estremamente tossico, un limite massimo di assunzione settimanale per un soggetto adulto di 70 Kg di 300 mcg, di cui non più di 200 mcg costituiti da metilmercurio.

RADIOATTIVITÀ

I dati che qui vengono riferiti sono stati ottenuti nei laboratori del Servizio di Medicina Nucleare della Università di Padova con l'impiego della particolare catena di misura, per la determinazione della concentrazione di radioisotopi gamma emittenti, schematizzata nella Fig. 1 e attivata subito dopo l'incidente nucleare di Chernobyl (26 aprile 1986). Si tratta di una catena particolarmente idonea a misure di contaminazione ambientale statisticamente significative in tempi brevi che, benchè attivata in condizioni di emergenza e sotto il pressante incalzare delle richieste di misure, si è dimostrata molto efficiente e riproducibile, con un errore inferiore al 10%. L'importanza della significatività e riproducibilità delle misure spesso sfugge all'opinione pubblica e purtroppo, anche a servizi

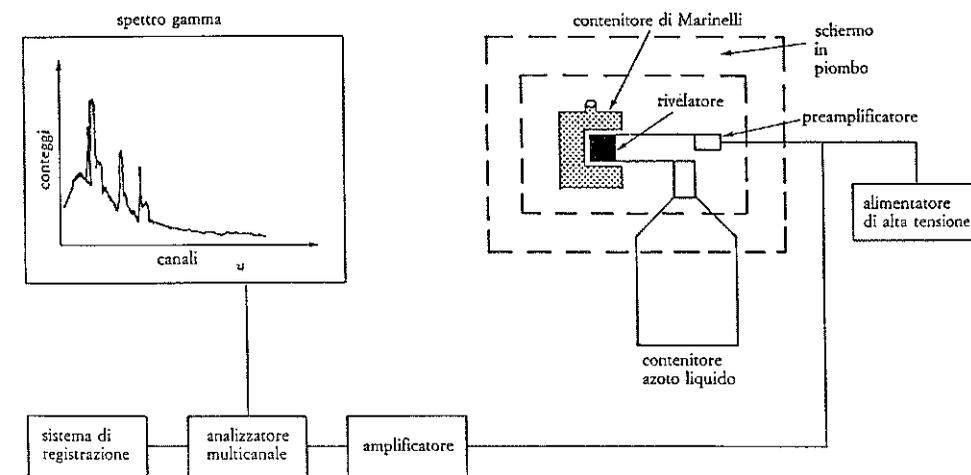


Fig. 1 - Schema di principio della catena di misura della radioattività gamma.

improvvisati e ai mezzi d'informazione. Il che è accaduto proprio nel caso Chernobyl ed ha portato alla diffusione di notizie allarmistiche di dati che in molti casi si sono poi rilevati del tutto inattendibili.

A titolo di esempio nella Tab. 2 sono riportate le concentrazioni di alcuni radioisotopi in vari tipi di funghi e nel terreno ed erbe associati, derivanti da rilevazioni effettuate nel periodo giugno-agosto 1986, subito successivo al caso Chernobyl.

Le misure, anche se con ritmo inferiore, sono comunque sempre continuate anche in epoca successiva e sono tuttora in corso. Esse dimostrano che, soprattutto in certe aree particolarmente colpite dalla ricaduta radioattiva, i funghi manifestano ancora presenza di Cesio-137 e Cesio-134, gli unici radioisotopi emettitori di raggi gamma che permangono nell'ambiente a causa del loro lungo periodo di dimezzamento (con esclusione, naturalmente, di quelli di tipo «naturale», sempre presenti nell'ambiente).

L'assorbimento di Cesio, come già ampiamente verificato in questi tre anni di sperimentazione «in vivo», è selettivo e coinvolge preferenzialmente alcune specie di funghi, in particolare quelli del genere *Cantharellus* e *Boletus*.

Dal complesso dei rilievi effettuati si può comunque concludere che la concentrazione di Cesio (somma dei due isotopi radioattivi) riscontrata nei funghi in varie zone dell'Italia Nord-Orientale è risultata generalmente inferiore ai limiti fissati dal Ministero della Sanità il 10.06.1986 (subito dopo Chernobyl):

- latte ed alimenti per l'infanzia = 370 Bq/Kg (10 nC/Kg);
- altri alimenti (compresi i funghi): 600 Bq/Kg (96 nC/Kg).

CONCLUSIONI

Dall'insieme dei dati riportati si può concludere che, in linea di massima, non sussistono attualmente rilevanti rischi di intossicazioni conseguenti al consumo saltuario di funghi eduli contaminati da metalli pesanti o isotopi radioattivi. Per quanto in particolare riguarda la spiccata attitudine di alcune specie di funghi ad accumulare metalli pesanti (specialmente mercurio) presenti nel terreno e/o nell'aria una raccomandazione da estendere alle autorità responsabili potrebbe essere quella di concedere l'autorizzazione all'impianto di coltivazione di funghi soltanto in aree situate a congrua distanza da impianti industriali con emissione di fumi o accumulo di residui di lavorazione di metalli pesanti. Un provvedimento di questo tipo potrebbe contribuire all'attuale comune sforzo di ridurre sempre più il rischio tossicologico da consumo di alimenti.

CONTAMINAZIONE RADIOATTIVA DIFFERENZIATA PER ALCUNE SPECIE DI FUNGHI; È RIPORTATA, PER CONFRONTO, LA RADIOATTIVITÀ MISURATA PER L'ERBA E IL TERRENO ASSOCIATI (nCi/kg, errore < ±10%)

Tabella 2

Data e luogo di origine	¹³¹ I	¹⁰³ Ru	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹⁴⁰ La
9 giugno 1986 Vicenza					
Funghi misti	—	2.4	3	7	—
erba	6	50	33	68	10
12 giugno 1986 Posina (VI)					
Amanita Pantherina	0.3	0.9	2	3	—
Amanita Rubescens	1.2	0.5	1	2.6	—
Sottobosco	3	41	35	74	—
Erba	2.4	25	17	37	—
Terra sottoprato	1	22	11	25	—
3 luglio 1986 Caldonazzo (TN)					
Amanita Pantherina	<0.03	<0.03	<0.06	0.08	—
Russula Alutacea	<0.02	<0.2	<0.2	0.7	—
Erba	<0.5	5	3	6	1
Terra	0.09	1	0.4	0.8	0.08
17 luglio 1986 Asiago					
Funghi misti	—	—	1	3	—
Erba	—	—	9	22	—
Terra	—	—	3	6	—
22 agosto 1986 Carnia					
Porcini secchi	—	—	1	3	—
30 agosto 1986 Asiago					
Funghi misti	—	—	7	12	—
Erba	—	—	2	3	—
Terra	—	—	4	10	—

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN R.O. e STEINNES E., 1978. *Concentrations of some potentially toxic metals and other trace elements in wild mushrooms from Norway*. Chemosphere; 4: 317-318.
- BARGAGLI R., 1984. *Rilevamenti quantitativi di elementi in tracce nei macromiceti del Monte Amiata*. Riv. Mic. Ital.; 3: 25-35.
- BARGAGLI R., 1986. *Accumulo di mercurio nei funghi eduli ed eventuali implicazioni per i consumatori*. Riv. Mic. Ital.; 1: 23-29.
- BERTRAND G. e BERTRAND D., 1947. *Recherches sur le rubidium chez les cryptogams*. Ann. Inst. Pasteur; 73: 797-803.
- BRACCHI P.C., TASSI PELATI L., BOCCHI A. e MAGGI E., 1986. *La radiocontaminazione degli alimenti dopo Chernobyl*. Ann. Fac. Med. Veter. Univer. Parma; VI: 171-186.
- BRESSA G., CIMA L. e COSTA P., 1988. *Bioaccumulation of Hg in the mushroom Pleurotus ostreatus*. Ecotox. Environ. Saf.; 16: 1-5.
- BYRNE A.R., RAVINK V. e KOSTA L., 1976. *Trace elements concentration in higher fungi*. Sci. Total Environ.; 6: 65-78.
- DRBAL K. e KALEC P., 1976. *Content of cobalt in some edible mushrooms*. Ceska Mykol.; 30: 24-26.
- FAVERO N., BRESSA G., CIMA L. e COSTA P., 1987. *Biaccumulo di cadmio in Pleurotus ostreatus*. Atti III Congresso Naz. Società Italiana di Ecologia, Siena 21-24 Ottobre 1987.
- LAUB E., WALIGORSKI F. e WOLLER R., 1977. *Cadmium uptake by mushrooms*. Z. Leben. Unders. Forsch.; 164: 269-271.
- LEH H.O., 1980. *Bliegehalte in pilzen*. Z. Leben. Unders. Forsch.; 157: 141-142.
- LERCH K., 1980. *Copper metallothionein, a copper-binding protein from Neurospora crassa*. Nature; 284: 368-370.
- LODENIUS M., KUUSI T., LAAKOSOVIRTA K., LIUKKONEN-LILJA H. e PIEPPONEN S., 1981. *Lead, cadmium and mercury content of fungi in Mikkeli SE Finland*. Ann. Bot. Fennici; 18: 183-186.
- KRUOPA N., KALAC P. e DRBAL K., 1980. *The variability of the contents of trace elements in some edible mushrooms*. Ceska Mykol.; 34: 9-12.
- MCCREIGHT J.D. e SCHROEDER D.B., 1977. *Cadmium, lead, and nickel content of Lycoperdon perlatum pers. in a roadside environment*. Environ. Pollut.; 13: 265-268.
- MEISH H.U., BECKMANN J. e SCHMITT J.A., 1983. *A new cadmium-binding phosphoglycoprotein, cadmium nycophosphation, from mushroom Agaricus macrosporus*. Biochim. Biophys. Acta; 795: 259-266.

- MUNGER K. e LERCH K., 1985. *Copper metallothionein from the fungus Agaricus bisporus: chemical and spectroscopic properties*. Biochemistry; 24: 6751-6756.
- PALLOTTI G., BENCIVENGA B. e VEGLIANTE A., 1976. *Contenuto di mercurio totale in funghi selvatici e coltivati*. Ind. Alim.; dic.: 57-60.
- QUINCHE J.P., BOLAY A. e DVORAK V., 1976. *La pollution par le mercure des végétaux et des sols de la Suisse romande*. Rev. Suisse Agric.; 8 (5): 130-142.
- QUINCHE J.P., 1983. *Les teneurs en selenium de 95 espèces de champignons supérieurs et de quelques terres*. Rec. agr. Suisse; 22 (3/4): 137-144.
- QUINCHE J.P., 1987. *Le cadmium in élément présent in traces dans le sols, les plantes et le champignons*. Rev. Suisse Agric.; 19 (2): 71-72.
- SEEGER R., 1978. *Cadmium in pilzen*. Z. Leben. Unders. Forsch.; 166: 23-24.
- STEGNAR P., KOSTA L., KOSTA A.R. e RAVNIK V., 1973. *The accumulation of mercury by, and the occurrence of methylmercury in, some fungi*. Chemosphere; 2: 57-63.
- STIJVE T. e ROSCHNIK R., 1974. *Mercury and methyl mercury content of different species of fungi*. Trav. chim. aliment. hyg.; 65: 209-220.
- STIJVE T. e BESSON R., 1976. *Mercury, cadmium, lead and selenium, content of mushroom species belonging to the genus Agaricus*. Chemosphere; 2: 151-158.
- STIJVE T., 1977. *Selenium content of mushrooms*. Z. Leben. Unders. Forsch.; 164: 201-203.
- TYLER G., 1980. *Metals in sporophores of basidiomycetes*. Trans. Br. Mycol. Soc.; 74: 41-49.
- ZACHARA B.A., BOEIWKA K., KOPER J. e WASOWICZ W., 1986. *Selenium and zinc concentration in some edible mushrooms*. Acta Pharmacol. Toxicol.; 59, Supl. VII: 627-629.

Indirizzo degli autori:

T. Berti - G. Bressa: Dipartimento di Farmacologia Università degli Studi di Padova - Padova
G. Moschini: Laboratori Nazionali dell'INFN - Legnaro