

Ann. Mus. civ. Rovereto	Sez.: Arch., St., Sc. nat.	Suppl. vol. 8 (1992)	79-96	1993
-------------------------	----------------------------	----------------------	-------	------

R. BARGAGLI

## POSSIBILI IMPLICAZIONI IGIENICO-SANITARIE NEL CONSUMO DEI FUNGHI EDULI, EFFICACI ACCUMULATORI DI METALLI PESANTI

**Riassunto** - R. BARGAGLI - Possibili implicazioni igienico-sanitarie nel consumo dei funghi eduli, efficaci accumulatori di metalli pesanti.

Viene descritta la capacità di alcune specie di funghi eduli (selvatici e coltivati) ad accumulare nei loro carpofori elevate concentrazioni di mercurio, piombo e cadmio. I dati relativi ai funghi raccolti in ambiente naturale vengono confrontati con quelli di esemplari provenienti da parchi urbani e da aree minerarie. Sulla base delle concentrazioni dei metalli e della loro biodisponibilità, vengono illustrate le possibili implicazioni per i forti consumatori e vengono fornite delle indicazioni per evitare ogni possibile rischio.

### INTRODUZIONE

I funghi costituiscono da sempre un alimento molto appetibile ed oggi assumono una particolare rilevanza nella nostra dieta poiché, a fronte di un basso contenuto calorico, forniscono un elevato residuo di fibra alimentare. Quindi, come rilevato anche da TURCHETTO (1988) in un precedente convegno tenutosi a Rovereto, nei paesi occidentali i funghi possono contribuire ad una razionalizzazione dell'alimentazione, caratterizzata da un'accessiva assunzione di proteine e grassi e dalla carenza di fibre vegetali.

Tuttavia, studi condotti nell'ultimo ventennio in molti paesi europei (STEGNAR et alii, 1973; STIJVE & ROSCHNIK, 1974; SEEGER et alii, 1976; PALLOTTI et alii, 1976; ENKE et alii, 1977; MUTSCH et alii, 1979; TYLER, 1980; RUHLING et alii, 1983; BARGAGLI & BALDI, 1984; ZURERA et alii, 1986; LEPSOVA & MEJSTRIK, 1988) dimo-

strano che molte specie di macromiceti eduli, anche se raccolte a notevole distanza da centri urbani ed industriali, possono contenere elevate concentrazioni di metalli pesanti. Per questo motivo, le norme introdotte in alcuni paesi dell'Europa centro-settentrionale per limitare l'assunzione di metalli pesanti mediante gli alimenti, spesso contengono espliciti riferimenti ai funghi. Il Ministero della Sanità tedesco per esempio, una quindicina di anni fa, emanò una direttiva che invitava a limitare il consumo settimanale di funghi a 200-250 g (peso fresco per persona adulta) ed a non consumare affatto certe specie di *Agaricaceae*, efficienti accumulatori di metalli pesanti.

L'enorme sviluppo delle attività agricole ed industriali e la crescita esponenziale dei consumi energetici degli ultimi decenni hanno determinato la mobilitazione dai minerali e dai combustibili fossili di notevoli quantità di metalli pesanti. Nell'emisfero settentrionale la loro diffusione ambientale sta aumentando non solo nelle aree urbane ed industriali od in quelle con colture agricole intensive, ma anche negli ecosistemi forestali e nelle zone più remote (RUHLING & TYLER, 1984; PACYNA, 1986). I macromiceti, come dimostrato anche recentemente dall'incidente alla centrale di Chernobyl, costituiscono una delle componenti biotiche degli ecosistemi tra le più esposte a questo tipo di contaminazione.

Sebbene la capacità dei funghi ad accumulare i metalli pesanti sia nota da un ventennio, i meccanismi coinvolti in questo processo non sono ancora del tutto chiari. Comunque, i risultati delle ricerche hanno permesso di stabilire che:

- 1) Il bioaccumulo è specie specifico e dipende dalla capacità di ciascuna specie di estrarre il metallo dal substrato, assorbirlo e fissarlo nei propri tessuti. Le deposizioni acide facilitano l'«uptake» dei metalli da parte delle piante e dei funghi, ed è stato ipotizzato (JANSEN & VAN DOBBEN, 1987) che in Olanda, la progressiva rarefazione del *Cantharellus cibarius*, sia da porre in relazione con l'inquinamento atmosferico.
- 2) La presenza di anomalie geochimiche o la contaminazione di origine antropica determinano un incremento nelle concentrazioni dei metalli.
- 3) A parità di caratteristiche ambientali, generalmente i funghi saprofiti e specialmente le specie appartenenti ai generi *Agaricus* e *Lycoperdon*, mostrano i più elevati fattori di concentrazione rispetto al substrato. Le concentrazioni dei metalli, anche se caratterizzate da notevole variabilità, risultano significativamente più basse nei macromiceti micorrizici e soprattutto nei «lignicoli». Considerando che molte delle specie coltivate sono saprofitiche e che nelle annate sfavorevoli esse costituiscono la quasi totalità dei funghi posti in commercio, appare evidente la necessità di controllare i substrati di accrescimento.

Scopo della presente nota è quello di fornire alcune informazioni sull'accumulo dei metalli pesanti nei macrofunghi eduli (selvatici e coltivati) e di tentare una valutazione dei possibili rischi per i consumatori. Sebbene in passato, nei

carpofori di alcune specie siano stati evidenziate concentrazioni piuttosto elevate anche di elementi tossici come l'arsenico o l'argento (BYRNE et alii, 1979; SCHMITT et alii, 1978), in questa sede l'attenzione verrà rivolta soprattutto al mercurio, al cadmio ed al piombo, comunemente ritenuti i metalli di maggior rilevanza ambientale e tossicologica.

## I METALLI PESANTI NEI MACROFUNGHI

### *Il mercurio*

La tossicità di quest'elemento era nota anche ai Romani, i quali condannavano gli schiavi ed i prigionieri all'estrazione ed alla distillazione del cinabro. In seguito, l'intossicazione professionale da mercurio, oltre che nei minatori si manifestò anche tra medici, orafi, specchiali e cappellai. Questa provocava tremore, gengiviti, perdita parziale della capacità uditiva ed olfattiva ed altri danni neurologici reversibili. Con l'adozione di adeguate misure di prevenzione il mercurialismo occupazionale stava ormai scomparendo quando agli inizi degli anni '50, nell'isola di Kyushu (Giappone), cominciò a manifestarsi una grave e misteriosa patologia neurologica. Per alcuni anni si pensò ad un'encefalite e solo nel 1964, quando ormai i pazienti affetti da forme gravi di parestesia ed atassia erano alcune centinaia ed i morti oltre cinquanta, si capì che il «morbo di Minamata» era determinato dal progressivo accumulo di metilmercurio. Questo composto proveniva sia dai complessi industriali che dalla metilazione del mercurio inorganico, operata da batteri presenti nei sedimenti marini.

A causa della notevole affinità per le strutture biologiche e per i tempi di eliminazione molto lunghi, il metilmercurio viene accumulato e biomagnificato nelle catene trofiche costituendo un rischio soprattutto per i consumatori terminali. Infatti, anche le indagini epidemiologiche condotte nella Baia di Minamata dimostravano che il morbo si manifestava soprattutto tra le famiglie più povere, con un'alimentazione basata quasi esclusivamente sui prodotti della pesca. In seguito il «morbo di Minamata» ha causato altre decine di vittime e centinaia di inabili permanenti tra i consumatori di prodotti ittici o di alimenti contaminati con composti alchilici del mercurio. Attualmente, questi composti non vengono più usati e si ritiene che gli unici gruppi di popolazione a rischio siano costituiti dai forti consumatori (oltre una decina di pasti settimanali) di prodotti ittici.

I tenori di mercurio e metilmercurio nelle catene alimentari terrestri generalmente sono molto contenuti ed i macrofunghi probabilmente, costituiscono l'eccezione più significativa tra tutti gli organismi animali e vegetali. Anche in ecosistemi forestali, poco o affatto contaminati, molte specie di funghi eduli pos-

CONCENTRAZIONI DEL Hg TOTALE ( $\mu\text{g/g}$  PESO SECCO) E FATTORI DI CONCENTRAZIONE  
(RISPETTO AL SUBSTRATO) NEI CARPOFORI DI ALCUNI FUNGHI EDULI  
RACCOLTI IN AREE A DIVERSO GRADO DI CONTAMINAZIONE (\*)

Tabella 1

Località	AREE RURALI E FORESTALI		AREE CONTAMINATE			
	Specie	Hgtot.	Località	Specie		
Toscana merid. (a)	<i>Lepista nuda</i>	6.3	Abbadia S.S. (a) (miniere Hg)	<i>Lepista nuda</i>	35.2	1
	<i>Psalliota campestris</i>	5.4		<i>Lepista nebularis</i>	54.0	2
	<i>Macrolepiota procera</i>	4.5		<i>Coprinus comatus</i>	23.3	1
	<i>Lycoperdon perlatum</i>	4.4		<i>Lycoperdon perlatum</i>	21.8	2
	<i>Boletus edulis</i>	2.2		<i>Boletus edulis</i>	2.9	1
	<i>Hydnum repandum</i>	0.8		<i>Hydnum repandum</i>	4.5	1
Slovenia (b)	<i>Russula cyanoxantha</i>	0.7	Idrija (b) (miniere Hg)	<i>Russula cyanoxantha</i>	1.8	1
	<i>Macrolepiota procera</i>	4.8		<i>Lactarius deliciosus</i>	37.6	6
	<i>Lycoperdon perlatum</i>	2.3		<i>Lycoperdon perlatum</i>	40.3	9
	<i>Boletus edulis</i>	0.9		<i>Russula cyanoxantha</i>	8.6	2
	<i>Cantharellus cibarius</i>	0.1		<i>Hydnum repandum</i>	2.8	1
Finlandia (c)	<i>Agaricus sp.</i>	4.2	Helsinki (c) (città)	<i>Agaricus sp.</i>	14.1	
	<i>Coprinus comatus</i>	2.7		<i>Coprinus comatus</i>	4.7	
	<i>Boletus edulis</i>	0.7		<i>Boletus edulis</i>	4.2	
	<i>Hydnum repandum</i>	0.5		<i>Hydnum repandum</i>	0.6	
	<i>Cantharellus cibarius</i>	0.1		<i>Cantharellus cibarius</i>	0.1	
Svizzera (d)	<i>Agaricus campestris</i>	14.2	Kuusankoski (e) (impianti cloro-soda)	<i>Agaricus campestris</i>	23.0	59
	<i>Lycoperdon gemmatum</i>	4.4		<i>Boletus edulis</i>	0.4	2
	<i>Boletus edulis</i>	3.2		<i>Cantharellus cibarius</i>	0.1	
	<i>Coprinus comatus</i>	2.8				
	<i>Russula atropurpurea</i>	0.1				
Spagna (f)	<i>Psalliota campestris</i>	12.3	Kuusankoski (e) (impianti cloro-soda)	<i>Agaricus campestris</i>	23.0	59
	<i>Lepista nuda</i>	4.4		<i>Boletus edulis</i>	0.4	2
	<i>Macrolepiota procera</i>	1.5		<i>Cantharellus cibarius</i>	0.1	
	<i>Lactarius deliciosus</i>	0.6				

(\*) Il nome della specie è quello riferito dagli autori; a) BARGAGLI, 1986; b) BYRNE et alii, 1976; c) KUUSI et alii, 1981; d) STIJEV & ROSCHNIK, 1974; e) LODENIUS & LAAKSOVIRTA, 1980; f) ZURERA et alii, 1986.

sono contenere concentrazioni di mercurio oltre 50 volte quelle misurabili nei loro substrati di accrescimento (Tab. 1). I risultati di numerose ricerche (STEGNAR et alii, 1973; STIJEV & ROSCHNIK, 1974; QUINCHE et alii, 1976; BYRNE et alii, 1976; AICHBERGER, 1977; LODENIUS et alii, 1981; KUUSI et alii, 1981; BARGAGLI & BALDI, 1984; ZURERA et alii, 1986) indicano che i funghi saprofiti e tra questi soprattutto alcune specie di *Agaricus* e di *Lycoperdon* hanno i fattori di concentrazione più elevati. Una delle specie più ricercate come il *Boletus edulis*, generalmente contiene tenori di mercurio più elevati delle altre *Boletaceae* (WOIDICH & PFANNHAUSER, 1975; SEEGER, 1976; LAAKSOVIRTA & LODENIUS, 1979).

Molte specie di *Russula*, il *Cantharellus cibarius*, *Hydnum repandum* e altri funghi micorrizici accumulano scarse quantità del metallo. I tenori più bassi generalmente si riscontrano nelle specie che si accrescono sul legno (LAAKSOVIRTA & LODENIUS, 1979; BARGAGLI & BALDI, 1984). Infatti, le piante superiori bloccano nelle foglie il mercurio gassoso assorbito mediante gli stomi o nelle radici le forme ioniche assunte dal suolo (BARGAGLI, 1989); quindi i funghi selvatici che crescono sui ceppi o sui tronchi degli alberi come *Armillariella mellea* e *Collybia velutipes* o quelli coltivati su paglia o residui legnosi come *Pleurotus ostreatus* ed altre specie elencate in Tabella 2, hanno scarse possibilità di accumulare il metallo.

CONTENUTO DI Hg TOTALE ( $\mu\text{g/g}$  PESO SECCO)  
E DI METILMERCURIO (% DEL Hgtot) IN CAMPIONI DI FUNGHI  
(SELVATICI E COLTIVATI) ACQUISTATI SUL MERCATO

Tabella 2

Luogo d'acquisto	Specie	Hgtot.	CH <sub>3</sub> Hg	Note
Siena (a)	<i>Boletus edulis</i>	2.0	6.7	
	<i>Hygrophorus russula</i>	0.9	0.9	
	<i>Psalliota hortensis</i>	0.8	6.0	coltivato
	<i>Pleurotus ostreatus</i>	0.1	0.7	coltivato su paglia
Slovenia (b)	<i>Boletus edulis</i>	3.5	0.6	
	<i>Lycoperdon perlatum</i>	8.4	4.3	
Svizzera (c)	<i>Boletus edulis</i>	3.4	0.6	
	<i>Agaricus bisporus</i>	1.9	9.5	coltivato
	<i>Lentinus edulis</i>	0.1	0.1	coltivato su legno
	<i>Auricularia polytricha</i>	0.1	0.1	coltivato su legno
	<i>Morchella conica</i>	0.1	0.1	
	<i>Cantharellus cibarius</i>	0.1	0.1	

a) BARGAGLI, 1986; b) STEGNAR et alii, 1973; c) STIJEV & ROSCHNIK, 1974.

I prataioli coltivati generalmente, mostrano concentrazioni di mercurio inferiori ad esemplari dello stesso genere o addirittura della stessa specie, raccolti in campagna (VIGNE & GOUNELLE DE PONTANEL, 1978; ZURERA et alii, 1986). In accordo con questi Autori, la differenza, oltre che alla diversa natura dei substrati di accrescimento, è certamente dovuta anche al frequente rinnovo (3-4 mesi) dei miceli. In natura invece, essi si accrescono anno dopo anno quindi, con lunghe esposizioni ai contaminanti ambientali persistenti.

### Il piombo

L'uomo usa questo metallo da oltre 5000 anni ed i primi casi di saturnismo furono descritti da Ippocrate. Si ritiene che l'uso di condotte e di stoviglie di piombo o di ceramica vetrificate e colorate, determinava un'eccessiva assunzione del metallo nei Romani e quindi abbia contribuito alla decadenza dell'Impero (WALDRON, 1973). Per la sua duttilità e la resistenza alla corrosione il piombo ha sempre avuto innumerevoli impieghi con conseguenti patologie professionali; nella sola Inghilterra all'inizio del secolo, ogni anno si contavano un migliaio d'intossicati gravi e circa una trentina di morti (BARLTROP, 1977).

Nel 1923, con l'introduzione di carburanti contenenti piombo tetraetile è aumentata notevolmente la diffusione ambientale del metallo che, secondo stime recenti (NRIAGU, 1989), è dovuta per oltre il 90% alle emissioni antropiche. Negli strati superficiali dei ghiacci artici per esempio, i tenori del piombo risultano da 10 a 100 volte superiori a quelli dell'Antartide o degli strati più profondi, risalenti ad alcuni secoli fa.

I ragazzi delle grandi città sono i più colpiti dall'esposizione cronica al piombo ed in letteratura sono ampiamente documentati danni al loro sviluppo neuropsicologico ed intellettuale; tuttavia è ancora oggetto di discussione, il livello di piombo nel sangue, oltre il quale si manifestano i primi sintomi del danno neurologico (NEEDLEMAN et alii, 1982).

Gli alimenti di origine vegetale, costituiscono la principale via di assunzione del piombo. Il metallo che si deposita sui vegetali in forma particellata può essere assimilato direttamente dagli erbivori, mentre quello presente nel suolo può essere assorbito tramite le radici dove, come nel caso del mercurio, viene accumulato. Nei funghi, pur permanendo una capacità di «uptake» specie-specifica, generalmente i saprofiti contengono quantità di piombo nettamente superiori ai funghi micorrizici (Tab. 3). Tuttavia, considerando che il corpo fruttifero delle specie micorriziche allo stadio di maturità riproduttiva spesso è più grande di quello dei saprofiti, LEPSOVA & MEJSTRIK (1988) ritengono che, almeno nel caso del piombo e di altri elementi in tracce come rame, ferro e zinco, la capacità di «uptake» tra i due gruppi non dovrebbe essere molto diversa. Inoltre, ad eccezione di alcuni valori particolarmente elevati rilevabili nelle *Agaricaceae*

CONCENTRAZIONI DI Pb ( $\mu\text{g/g}$  PESO SECCO)  
IN ALCUNI FUNGHI EDULI DI AREE RURALI ED URBANE (\*)

Tabella 3

Località	AREE RURALI		AREE URBANE		
	Specie	Pb	Località	Specie	
Finlandia (a)	<i>Agaricus sp.</i>	13.0	Helsinki (d)	<i>Agaricus sp.</i>	9.2
	<i>Coprinus comatus</i>	1.3		<i>Coprinus comatus</i>	3.8
	<i>Boletus edulis</i>	0.9		<i>Boletus edulis</i>	0.9
	<i>Russula sp.</i>	3.6		<i>Russula sp.</i>	4.6
	<i>Hydnum repandum</i>	0.9		<i>Hydnum repandum</i>	1.5
	<i>Cantharellus cibarius</i>	0.7		<i>Cantharellus cibarius</i>	1.7
Svizzera (b)	<i>Agaricus campestris</i>	12.8	Amsterdam Parigi (b) Utrecht	<i>Agaricus macrospora</i>	25.0
	<i>Agaricus augustus</i>	4.5		<i>Agaricus bisporus</i>	34.0
	<i>Agaricus edulis</i>	10.5		<i>Agaricus campestris</i>	22.0

(\*) I nomi delle specie sono quelli riferiti dagli autori: a) KUUSI et alii, 1981; b) STIJE & BESSON, 1976.

CONCENTRAZIONI MEDIE ( $\mu\text{g/g}$  PESO SECCO)  
DI Pb IN ALIMENTI DI ORIGINE VEGETALE (a, b)

Tabella 4

Pianta	Pb	Pianta	Pb
Mais (sweet corn, grani)	0.8	Cipolla (bulbi)	1.8
Fagiolini (bacello)	1.3	Pomodoro (frutto)	1.7
Carota (radici)	1.9	Mela (frutto)	0.1
Lattuga (foglie)	2.5	Arancio (frutto)	0.1
Broccoli (foglie)	2.2	Frumento (chicchi)	0.6
Spinaci (foglie)	0.7	Riso (chicchi)	0.3
Patate (tuberi)	1.8	Orzo (chicchi)	0.4

a) KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1985; b) ADRIANO, 1986.

raccolte vicino a strade con elevata intensità di traffico, i macromiceti generalmente mostrano concentrazioni di piombo inferiori a quelle dei loro substrati di accrescimento. La maggior parte degli esemplari raccolti nei boschi contengono concentrazioni del metallo inferiori ai  $5 \mu\text{g/g}$  peso secco e solo nei parchi urbani (Tab. 3) tali valori aumentano in funzione della distanza dalla strada e dell'intensità del traffico. Ovviamente, tenori ancora più elevati si dovrebbero riscontrare nei funghi raccolti in aree con anomalie geochimiche, industrie minerarie e metallurgiche, industrie per la produzione di batterie ecc.

Considerando l'incidenza dei funghi nella nostra alimentazione ed i contenuti medi di piombo in alcuni dei vegetali più ricorrenti nella nostra dieta (Tab. 4), si può facilmente escludere che l'assunzione del piombo tramite i funghi possa costituire un serio problema per i consumatori.

### Il cadmio

Questo metallo è piuttosto raro in natura dove si ritrova associato ai minerali di metalli non ferrosi come zinco e piombo. Il suo impiego su scala industriale è iniziato solo in questo secolo ed oltre il 50% della produzione totale ha avuto luogo negli ultimi decenni. Non disponiamo di dati sulle modificazioni indotte dalle attività antropiche nel ciclo globale dell'elemento ed i ghiacci della Groenlandia non mostrano incrementi delle concentrazioni (HUTTON, 1987). Come nel caso del piombo, l'inalazione (soprattutto per i fumatori e le persone esposte professionalmente) e l'ingestione con gli alimenti di origine vegetale, costituiscono le principali vie di assunzione per l'uomo. Nell'organismo il cadmio

viene legato dalle metallothioneine, quindi risulta difficilmente eliminabile e tende ad accumularsi nel fegato e soprattutto nel rene. L'aumentata proteinuria costituisce uno dei primi indizi dell'intossicazione, mentre l'esposizione prolungata per anni può indurre osteomalacia.

Tra i coltivatori di riso, lungo il fiume Jintsu (Giappone), nel 1947 cominciarono a manifestarsi gravi e dolorosissime deformità scheletriche (la malattia fu chiamata «Itai-Itai» dal lamento delle persone colpite) e nei venti anni successivi si verificarono un centinaio di morti (FRIBERG et alii, 1974). Come per il «morbo di Minamata», anche in questo caso, solo dopo molti anni (HAGINO & YOSHIOKA, 1961) si capì che il fiume Jintsu era gravemente inquinato dagli scarichi di una miniera di zinco e che il cadmio era la causa principale dei disturbi al metabolismo del calcio e delle deformazioni scheletriche nei coltivatori delle risaie, a valle della miniera.

Infatti, a differenza del piombo e del mercurio, in alcune piante oltre il 50% del cadmio assorbito con le radici può essere traslocato alle altre parti della pianta (ADRIANO, 1986); generalmente l'assorbimento aumenta al diminuire del pH del suolo ed è correlato con il grado di contaminazione ambientale. Anche nei macromiceti raccolti in ambiente urbano le concentrazioni del metallo sono sensibilmente più elevate rispetto a quelle negli esemplari raccolti in campagna (Tab. 5). Alcune specie dei generi *Agaricus*, e *Russula*, il *Lactarius deliciosus* e *Macrolepiota procera* spesso mostrano concentrazioni superiori ai  $3 \mu\text{g/g}$ . Tra gli agarici i dati di Tabella 5 e quelli riportati da ALSÉN e collaboratori (1977) e da COLLET (1977), indicano che le specie appartenenti al sottogenere *Flavescentes* come ad esempio, *A. augustus* ed *A. arvensis*, accumulano quantità nettamente superiori di cadmio, rispetto alle specie del sottogenere *Rubrescentes*. Tra quest'ultime sono compresi i più comuni prataioli selvatici e soprattutto la specie coltivata *A. bisporus*. In Europa questo fungo è certamente uno dei più consumati e generalmente i campioni posti sul mercato contengono concentrazioni di cadmio confrontabili con quelle presenti negli altri alimenti di origine vegetale (Tab. 6).

### POSSIBILI IMPLICAZIONI PER I CONSUMATORI

Sebbene i miceli di molti funghi saprofiti costituiscano uno dei più efficienti accumulatori, non risulta che in letteratura siano stati documentati casi di intossicazione da metalli assunti mediante i funghi. Verosimilmente ciò è dovuto alla scarsissima incidenza dei funghi nella dieta. Infatti ad eccezione di situazioni molto particolari come ad esempio, i coltivatori di funghi o piccole comunità di montagna che facciano un largo consumo di funghi saprofiti, generalmente i pasti a base di funghi sono occasionali e limitati per lo più, al periodo

CONCENTRAZIONI MEDIE DEL Cd ( $\mu\text{g/g}$  PESO SECCO)  
NEI FUNGHI EDULI RACCOLTI IN AREE URBANE E RURALI (\*)

Tabella 5

AREE RURALI		AREE URBANE	
Località	Specie	Località	Specie
Finlandia (a)	<i>Agaricus sp.</i>	Helsinki (a)	<i>Agaricus sp.</i>
	<i>Coprinus comatus</i>		<i>Coprinus comatus</i>
	<i>Cantharellus cibarius</i>		<i>Cantharellus cibarius</i>
	<i>Hydnum repandum</i>		<i>Hydnum repandum</i>
	<i>Boletus edulis</i>		<i>Boletus edulis</i>
	<i>Russula sp.</i>		<i>Russula sp.</i>
Slovenia (b)	<i>Lycoperdon perlatum</i>	Lubiana (b)	<i>Agaricus campestris</i>
	<i>Macrolepiota procera</i>		
	<i>Boletus edulis</i>		
	<i>Cantharellus cibarius</i>		
	<i>Lactarius deliciosus</i>		
Svizzera (c)	<i>Agaricus campestris</i>	Amsterdam Parigi (c) Utrecht	<i>Agaricus macrospora</i>
	<i>Agaricus augustus</i>		<i>Agaricus bisporus</i>
	<i>Agaricus sylvaticus</i>		<i>Agaricus vaporarius</i>

(\*) I nomi delle specie sono quelli riferiti dagli autori; a) KUUSI et alii, 1981; b) BYRNE et alii, 1976; c) SRIJVE & BESSON, 1976.

CONCENTRAZIONI MEDIE DI Cd ( $\mu\text{g/g}$  PESO SECCO)  
NEI PRATAIOLI COLTIVATI  
ED IN ALTRI ALIMENTI DI ORIGINE VEGETALE

Tabella 6

Alimento	Cd	Alimento	Cd
Prataiolo (a) (Italia)	0.2	Pomodoro (c)	0.3
Prataiolo (b) (Taiwan)	0.3	Fagioli (c)	0.3
Lattuga (c)	0.5	Patate (d)	0.2
Carota (c)	0.3	Soia (d)	0.3
Cipolla (c)	0.1	Mais (d)	0.2

a) TURCHETTO et alii, 1980; b) SRIJVE & BESSON, 1976; c) KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984; d) ADRIANO, 1986.

in cui è possibile raccoglierne nei boschi. Anche se non disponiamo di dati su scala nazionale, sembra realistico supporre che ogni persona consumi in un anno al massimo 1-2 kg (peso fresco), di funghi selvatici e coltivati.

Dovendo tentare sulla base di queste quantità, una valutazione dei possibili rischi per i consumatori, è necessario premettere che nei vari gruppi di popolazione l'assunzione di metalli pesanti può variare notevolmente anche a causa di altri fattori: i livelli della contaminazione ambientale, le abitudini alimentari, l'eventuale esposizione professionale ecc. Volendosi limitare solo all'assunzione mediante i funghi, sarebbe necessaria una migliore conoscenza delle specie più consumate e della loro provenienza. Infatti, come dimostrato anche dai dati delle Tabelle 1, 3, 5, in una stessa specie, le caratteristiche dei suoli ed il grado di contaminazione ambientale possono determinare notevoli variazioni nelle concentrazioni dei metalli.

Quindi, più che una stima accurata dei rischi, possono essere espresse delle valutazioni generali e dei suggerimenti.

*I rischi da mercurio*

I forti consumatori di funghi saprofiti appartenenti ai generi *Psalliota*, *Clitocybe*, *Lepiota*, *Lepista* e *Lycoperdon*, specialmente se residenti in aree con giacimenti di cinabro o complessi industriali inquinanti, sembrano i più esposti ai possibili effetti tossici del mercurio. Comunque, gli studi condotti nelle aree mercurifere dell'Idrija (KOSTA et alii, 1974) e del Monte l'Amiata (BARGAGLI & BALDI, 1984; BARGAGLI, 1986) dimostrano che in questi gruppi di popolazione, anche

per la riduzione e/o la cessazione dell'attività estrattiva, il rischio che il consumo di funghi possa indurre tossicità, è molto ridotto.

Per tutti gli alimenti (ad esclusione dei prodotti della pesca) in diversi paesi è stato fissato il limite di 0,5 µg/g peso fresco di mercurio ed in Finlandia il limite previsto espressamente per i funghi è di 0,8 µg/g peso fresco (KUUSI et alii, 1981). La FAO e l'OMS (1972) raccomandano per una persona adulta di 70 kg di peso, di non superare un'assunzione settimanale di 0,3 mg dei quali, non più di 0,2, mg debbono essere costituiti da metilmercurio. Recentemente questo limite è stato riconfermato ed è stato ridotto della metà, nel caso di donne in stato di gravidanza o di allattamento.

Alcuni dei valori riportati in Tabella 1 per i funghi saprofiti superano i limiti previsti per gli alimenti ed un ipotetico pasto costituito da 200-300 g di *L. nuda* o di *L. nebularis* sarebbe sufficiente per superare la dose massima settimanale raccomandata dalla FAO e dell'OMS. Tuttavia occorre considerare che:

- difficilmente un pasto a base di funghi è costituito esclusivamente solo da specie accumulatrici di mercurio (tra l'altro le due specie di *Lepista* sono molto aromatiche e più adatte ad essere consumate con altri funghi);
- secondo quanto riportato da WENNIG e collaboratori (1978), durante la cottura verrebbe eliminato circa il 70% del mercurio totale;
- molte specie di funghi eduli e tra questi soprattutto il *Boletus edulis* (BYRNE et alii, 1976; BARGAGLI, 1984) accumulano anche il selenio, un elemento che svolge un'efficace azione di detossificazione nei confronti del mercurio (SKERFVING, 1978);
- a differenza di quanto si verifica nei prodotti ittici, dove la quasi totalità del mercurio totale può essere costituita da metilmercurio, nei funghi tale composto è presente in concentrazioni molto basse (Tab. 2).

Siccome il mercurio inorganico è più facilmente eliminabile da parte degli organismi, considerando un consumo annuo di 2 kg (peso fresco) di funghi, il carico potenziale di mercurio dovrebbe aggirarsi sugli 0,7-1 mg (cioè circa 0,02 mg/settimana contro il limite massimo suggerito di 0,3 mg). Quindi per la maggior parte dei consumatori, l'assunzione di mercurio con i funghi non dovrebbe costituire un problema di rilevanza igienico-sanitaria. Comunque, per la tutela dei gruppi di popolazione a rischio (persone esposte professionalmente, forti consumatori di funghi o abitanti di aree con mineralizzazioni a cinabro) sarebbe opportuno aggiungere alle normative regionali che regolamentano la raccolta dei funghi, anche delle informazioni sui rischi derivanti da un consumo eccessivo delle specie (indicate anche nella presente nota), più efficaci accumulatrici del mercurio.

### L'assunzione del piombo

Le normative vigenti in molti paesi prevedono per gli alimenti freschi una concentrazione massima di piombo di 1 µg/g. Ad eccezione delle *Agaricaceae*, quasi tutti gli altri funghi mostrano tenori del metallo ben al di sotto di questo limite e soprattutto i valori risultano più o meno corrispondenti a quelli rilevabili in molti altri alimenti di origine vegetale (che hanno un'incidenza nettamente prevalente nella dieta rispetto ai funghi).

A seconda dei gruppi di popolazione e delle regioni, è stato stimato che l'assunzione giornaliera media di piombo con gli alimenti sia compresa tra i 50 ed i 180 µg (COPIUS PEEREBOOM, 1985). Quindi, un pasto costituito da 200-250 g (peso fresco) di funghi (esclusi gli agarici), ha un'incidenza quasi trascurabile sull'assunzione totale di piombo.

### Il rischio cadmio

Il limite di assunzione settimanale per gli adulti previsto dalla FAO/OMS (1976) è di 0,5 mg di cadmio. Quindi due soli pasti settimanali costituiti da circa 250 g di agarici del sottogenere *Flavescentes* o di *Macrolepiota procera* (contenenti oltre 1 µg/g peso fresco di cadmio) determinerebbero un'eccessiva assunzione del metallo (senza considerare le quantità assunte ogni giorno con gli altri alimenti di origine vegetale o con il fumo). I dati disponibili in letteratura sembrano indicare che, oltre a quelle citate, poche altre specie di funghi eduli sono in grado di accumulare oltre 1 µg/g (peso fresco) di cadmio. Tuttavia è indispensabile acquisire ulteriori conoscenze sul contenuto di cadmio nel maggior numero possibile di specie. Infatti, in molti paesi del mondo, il cibo determina un'assunzione settimanale media del metallo piuttosto elevata (Tab. 7) ed i funghi

STIME SULL'ASSUNZIONE SETTIMANALE DI Cd CON IL CIBO, IN VARI STATI (\*)

Tabella 7

Stato	Cd (µg/settimana)	Stato	Cd (µg/settimana)
Germania	210	Canada	420
Olanda	150	Stati Uniti	490
Svezia	120	Giappone	250
Romania	360	Nuova Zelanda	150

(\*) COPIUS PEEREBOOM, 1985.

selvatici (con tenori medi 2-3 volte superiori a quelli degli altri alimenti), potrebbero far superare facilmente il limite di 0,5 mg/settimana.

Ad eccezione degli studi condotti in Giappone in seguito al manifestarsi dei gravi episodi di «Itai-Itai», nel resto del mondo sono state svolte poche ricerche per rilevare gli effetti dell'esposizione prolungata a bassi livelli di cadmio. Soprattutto non è noto il valore soglia oltre il quale compaiono i primi danni ai tubuli renali (proteinuria). Quindi, sebbene alcuni dati sperimentali (SCHELLMANN et alii, 1980) sembrerebbero indicare un modesto riassorbimento intestinale del cadmio contenuto nei funghi, le scarse conoscenze sulla effettiva tossicità dell'elemento dovrebbero indurre ad una certa cautela, almeno per quanto riguarda il consumo di *A. augustus*, *A. campestris* e *Macrolepiota procera*.

#### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I funghi possono svolgere un ruolo importante nella nostra alimentazione ed inoltre rivestono un notevole interesse socio-economico in molte zone del nostro paese. Scopo della presente nota era quello di fornire un quadro esauriente sui risultati acquisiti dalle ricerche sull'accumulo dei metalli pesanti nei funghi selvatici e coltivati, anche al fine di evitare pericolosi allarmismi tra i micologi ed i consumatori. I dati riportati permettono di acquisire indicazioni utili all'adozione di comportamenti più responsabili:

- 1) Evitare di raccogliere funghi commestibili in aree minerarie o trattate con pesticidi, in prossimità di complessi industriali, strade ad alta intensità di traffico o di inceneritori.
- 2) Consumare soprattutto i funghi che crescono in simbiosi con le radici degli alberi (micorrizici) come ad esempio, i boleti, le russule, i finferli o quelli «lignicoli» come i chiodini, il piopparello, l'orecchione ecc.
- 3) Evitare pasti frequenti e/o costituiti quasi esclusivamente da prataioli, mazze di tamburo, vesce e comunque, dai funghi che si accrescono su materiali organici in decomposizione (saprofiti).
- 4) Sebbene anche i funghi coltivati siano saprofiti e quindi sarebbe opportuno un adeguato controllo dei substrati di accrescimento, gli esemplari analizzati hanno sempre mostrato concentrazioni di metalli pesanti molto contenute.

Quindi, si ritiene che rispettando questi suggerimenti, i funghi possano essere consumati tranquillamente, come ogni altro vegetale commestibile.

#### BIBLIOGRAFIA

- ADRIANO D. C., 1986 - Trace Elements in the Terrestrial Environment. *Springer-Verlag*, New York, 533 pp.
- AICHBERGER K., 1977 - Untersuchungen über den Quecksilbergehalt Österreichischer Speisepilze und seine Beziehungen zum Rohproteingehalt der Pilze. *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.*, 163: 35-38.
- ALSEN C., BRAATZ G. & KRUSE H., 1977 - Schwermetallgehalt in essbaren Pilzen. Zink, Cadmium, Quecksilber und Blei. *Off. Gesundheitswesen*, 39: 780-789.
- BARGAGLI R., 1984 - Rilevamenti quantitativi di elementi in tracce nei macromiceti del Monte Amiata. *Mic. Ital.*, 3: 25-35.
- BARGAGLI R., 1986 - Accumulo di mercurio nei funghi eduli ed eventuali implicazioni per i consumatori. *Mic. Ital.*, 1: 23-29.
- BARGALI R., 1989 - Mercury emission in an abandoned mining area: assessment by epiphytic lichens. In: *Encyclopedia of Environmental Control Technology*, Cheremisinoff P. N. (ed.), *Gulf Publ. Co.*, Houston, Texas: 613-639.
- BARGAGLI R. & BALDI F., 1984 - Mercury and methylmercury in higher fungi and their relation with the substrata in a cinnabar mining area. *Chemosphere*, 13: 1059-1071.
- BARLTROP D., 1977 - Laboratory indices of exposure to lead. In: *Clinical Chemistry and Chemical Toxicology of Metals*, Brown S. S. (ed.), *Elsevier*, North-Holland, Amsterdam, pp. 167-177.
- BYRNE A. R., RAVNIK V. & KOSTA L., 1976 - Trace element concentrations in higher fungi. *Sci. Total Environ.*, 6: 65-78.
- BYRNE A. R., DERMELJ M. & VAKSELJ T., 1979 - Silver accumulation by fungi. *Chemosphere*, 10: 815-821.
- COLLET P., 1977 - Die Bestimmung von Schwermetallspuren in Lebensmitteln mit Hilfe der Inverspolarographie. II. Über den Gehalt von Blei, Cadmium und Kupfer in Speisepilzen. *Deutsche Lebensm. Rundsch.*, 73: 75-82.
- COPIUS PEERBOOM J. W., 1985 - General aspects of trace elements and health. *Sci. Total Environ.*, 142: 1-27.
- ENKE M., MATSCHNER H. & ACHTZEHN M. K., 1977 - Heavy metal enrichments in mushrooms. *Nahrung*, 21: 331-334.
- FAO/OMS, 1972 - Evaluation of certain food additives and contaminants mercury, lead and cadmium. *XVI° Rep. Joint FAO/WHO Coll. Comm. Food Cont. Monit.*, *Nat. Food Adm.*, Upssala, 42 pp.



- FAO/OMS, 1976 - List of maximum levels recommended for contaminants. *Joint Fao/Who Codex Alim. Comm.*, II° Series, Roma, pp.1-8.
- FRIBERG L., PISCATOR M., NORDBERG G. F. & KJELLSTROM T., 1974 - Cadmium in the Environment. *CRC Press*, Cleveland, 287 pp.
- HAGINO N. & YOSHIOKA K., 1961 - A study on the cause of itai-itai disease. *J. Jpn. Orthop. Assoc.*, 35: 812-824.
- HUTTON M., 1987 - Human health concerns of lead, mercury, cadmium and arsenic. In: Lead, Mercury, Cadmium, and Arsenic in the Environment, HUTCHISON T. C. & MEEMA K. M. (eds.). *John Wiley & Sons*, Chichester: 53-68.
- JANSEN E. & VAN DOBBEN H., 1987 - Is decline of *Cantharellus cibarius* in the Netherlands due to air pollution? *Ambio*, 16: 211-213.
- KABATA-PENDIAS A. & PENDIAS H., 1984 - Trace Elements in Soils and Plants. *CRC PRESS*, Boca Raton, Florida, 315 pp.
- KOSTA L., BYRNE A. R., ZELENKO V., STEGNAR P., DERMELJ M. & RAVNIK V., 1974 - Studies on the uptake, distribution and transformations of mercury in living organisms in the Idrija region and comparative areas. *Vestnik. Slov. Kem. Društ.*, 21: 49-76.
- KUUSI T., LAAKSOVIRTA K., LIUKKONEN-LILJA H. & PIEPPONEN S., 1981 - Lead, cadmium and mercury contents of fungi in the Helsinki area and in unpolluted control areas. *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.*, 173: 261-267.
- LAAKSOVIRTA K. & LODENIUS M., 1979 - Mercury content of fungi in Helsinki. *Ann. Bot. Fennici*, 16: 208-212.
- LEPŠOVÁ A. & MEJŠTRÍK V., 1988 - Accumulation of trace elements in the fruiting bodies of macrofungi in the Krusné Hory Mountains, Czechoslovakia. *Sci. Total Environ.*, 76: 117-128.
- LODENIUS M. & LAAKSOVIRTA K., 1980 - Mercury content of fungi as a food hygienic problem in Finland. *Ymparisto ja Terveys*, 11: 13-22.
- LODENIUS M., KUUSI T., LAAKSOVIRTA K., LIUKKONEN-LILJA H. & PIEPPONEN S., 1981 - Lead, cadmium and mercury contents of fungi in Mikkeli, SE Finland. *Ann. Bot. Fennici*, 18: 183-186.
- MUTSCH F., HORAK O. & KINZEL H., 1979 - Trace elements in higher fungi. *Z. Pflanzenphysiol.*, 94: 1-10.
- NEEDLEMAN H. L., LEVITON A. & BELLINGER, 1982 - Lead-associated intellectual deficit. *New England J. Med.*, 306: 367.
- NRIAGU J. O., 1989 - A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature*, 338: 47-49.
- PACZYNA J. M., 1984 - Estimation of atmospheric emissions of trace elements from anthropogenic sources in Europe. *Atmos. Environ.*, 18: 41-50.
- PALLOTTI G., BENCIVENGA B. & VEGLIANTE A., 1976 - Contenuto in mercurio totale nei funghi selvatici e coltivati. *Ind. Alim.*, 12: 57-60.
- QUINCHE J.-P., BOLAY A. & DVORAK V., 1976 - La pollution par le mercure des végétaux et des sols de la Suisse romande. Essais de méthylation in vitro du mercure par des champignons. *Rev. Suisse Agric.*, 8: 130-142.
- RUHLING A., BAATH A., NORDGREN A. & SONDERSTROM B., 1983 - Fungi in metal contaminated soil near the Gusum Brass, Sweden. *Ambio*, 13: 34-36.
- RUHLING A. & TYLER G., 1984 - Recent changes in the deposition of heavy metals in northern Europe. *Water, Air, and Soil Pollut.*, 22: 173-180.
- SCHHELLMANN B., HILZ M.-J. & OPITZ O., 1980 - Cadmium und Kupfere Ausscheidung nach Aufnahme von Champignon-Mahlzeiten. *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.*, 171: 189-192.
- SCHMITT J. A., MEISCH H. U. & REINLE W., 1978 - Schwermetalle in höheren Pilzen, IV. Silber. *Z. Naturforsch.*, 33: 608-615.
- SEEGER R., 1976 - Quecksilbergehalte der Pilze. *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.*, 160: 303-312.
- SEEGER R., MEYER E. & SCHONHUT S., 1976 - Blei in Pilzen. *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.*, 162: 7-10.
- SKERFVING S., 1978 - Interaction between selenium and methylmercury. *Environ. Health Perspec.*, 25: 57-65.
- STEGNAR P., KOSTA L., BYRNE A. R. & RAVNIK V., 1973 - The accumulation of mercury by, and the occurrence of methyl mercury in, some fungi. *Chemosphere*, 2: 57-63.
- STIJVE T. & ROSCHNIK R., 1974 - Mercury and methylmercury content in different species of fungi. *Trav. chim. alim. hyg.*, 165: 209-220.
- STIJVE T. & BESSON R., 1976 - Mercury, cadmium, lead and selenium content of mushroom species belonging to the genus *Agaricus*. *Chemosphere*, 2: 151-158.
- TURCHETTO E., 1989 - La posizione dei funghi oggi. *Ann. Mus. civ. Rovereto*, Suppl. Vol. 4: 103-110.
- TURCHETTO E., COCCHI M. & GOVI G., 1980 - I bioelementi del prataiolo: rapporto tra composizione minerale e compost. Studio preliminare. *Mic. Ital.*, 2: 27-30.
- TYLER G., 1980 - Metals in sporophores of Basidiomycetes. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 74: 41-49.
- VIGNE J. & GOUNELLE DE PONTANEL H., 1978 - Sur certains aspects d'intérêt médical. *Med. et Nut.*, 14: 131-135.

- WALDRON H. A., 1973 - Lead poisoning in the ancient world. *Med. Hist. (Lond.)*, 17: 391-399.
- WENNIG R., WENNIG-BATTIN T. & JUNGBLUT F., 1978 - Champignons Toxiques. *Masson*, Paris, 207 pp.
- WÖIDICH H. & PFANNHAUSER W., 1975 - Der Quecksilbergehalt von Speisepilzen. *Deutsche Lebensm.-Rundschau*, 71: 177-178.
- ZURERA G., RINCON F., ARCOS F. & POZO-LORA R., 1986 - Mercury content in mushroom species in the Cordova area. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 36: 662-667.

---

Indirizzo dell'autore:

R. Bargagli: Dipartimento di Biologia Ambientale, Università degli Studi di Siena  
Via delle Cerchia 3 - 53100 Siena

---