

MAŁGORZATA ROMPA, LESZEK BIELAWSKI, JERZY FALANDYSZ

ZAWARTOŚĆ I BIOKONCENTRACJA RTĘCI U MUCHOMORA
CZERWONAWEGO (*Amanita rubescens*) Z POLSKI POŁNOCNEJ

CONTENT AND BIOCONCENTRATION OF MERCURY BY EUROPEAN BLUSHER
(*Amanita rubescens*) FROM NORTHERN POLAND

Zakład Chemii Środowiska i Ekotoksykologii
Uniwersytet Gdański
80-952 Gdańsk, ul. Sobieskiego 19
e-mail: jfalandy@chem.univ.gda.pl
Kierownik: prof. dr hab. J. Falandysz

Zbadano zawartość rtęci ogółem w kapeluszach i trzonach jadalnego grzyba muchomora czerwonawego z okolic Łapina w ginie Kolbudy, Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego w rejonie Gdyni i Nadmorskiego Parku Krajobrazowego w okolicy Władysławowa w woj. pomorskim. Muchomor czerwonawy względnie wydajnie nagromadza rtęć, a z uwagi na małe zanieczyszczenie tym metalem gleb, mediany jego zawartości w kapeluszach nie przekraczały 1,0 µg/g masy suchej; w pojedynczych okazach zawartość rtęci dochodziła do 3,2 µg/g m.s.

Słowa kluczowe: grzyby, las, metale ciężkie, środowisko, żywność.

Key words: environment, food, forest, fungi, heavy metals, mushrooms, wild food.

Grzyby kapeluszowe są popularnym produktem spożywczym w wielu krajach. W Czechach spożycie grzybów rosnących dziko może sięgać nawet do 10 kg *per capita* rocznie [23, 37, 38]. W Polsce zbieranie grzybów także ma długą tradycję. Atrakcyjne z uwagi na walory zapachowe i smakowe grzyby cechuje często względnie duża zawartość składników mineralnych, ale bywa też, że i metali ciężkich. W świetle ryzyka dla zdrowia człowieka największe znaczenie ma na ogół narażenie na pierwiastki metaliczne, takie jak: rtęć, kadm i ołów. Istotna jest zatem wiedza o zdolności grzybów do bionagromadzania wymienionych i innych pierwiastków metalicznych oraz metaloidów, a także o formach ich występowania w owocnikach, spożywanych dawkach i ich znaczeniu. Rtęć bywa wydajnie nagromadzana przez grzyby. Jej obecność w grzybach stwierdza się nawet na obszarach wolnych od zanieczyszczeń, a w znacznych ilościach na terenach zanieczyszczonych tym metalem [1, 2, 9-12, 17, 22-25].

Muchomor czerwonawy (*Amanita rubescens*), nazywany też muchomorem czerwienią, jest grzybem jadalnym. Określany on jest jako, cyt.: „delikatny grzyb jadalny, który można przyrządzać na różne sposoby, młode owocniki można marynować w słodko-kwaśnej zalewie”, albo też: „jeden z lepszych grzybów jadalnych do przyrządzania w różnej postaci,

ale nie nadaje się do suszenia” [18, 36]. Niemniej jednak, jak nieomal każdego grzyba jadalnego, muchomora czerwonego nie można spożywać na surowo [8]. Wiele gatunków grzybów uznawanych jest za niejadalne w jednych krajach, a w innych są one chętnie zbierane i spożywane, np. niektóre mleczaje w Finlandii: a w tym mleczaj chrząstka (*L. piperatus*) czy mleczaj wełnianka (*L. torminosus*). Wymagają one jednak właściwego przyrządzenia aby pozbyć się cech niepożądanych [30].

Muchomor czerwony podczas smażenia lub gotowania ma wydzielac charakterystyczną, nie dla wszystkich przyjemną, woń, ale jest on „grzybem podobno doskonałym do marynowania (młode, jędrne kapelusze)”. Gatunek ten jest pospolity w polskich lasach, zwłaszcza iglastych i mieszanych, a jego owocniki pojawiają się w dużej ilości już w czerwcu i wystają do października. W kraju nie ma większych tradycji zbierania muchomora czerwonego – dla niewtajemniczonych zachodzi możliwość pomylenia z muchomorami trującymi. Natomiast jest to gatunek zbierany chętnie przez Czechów i Słowaków, którzy nazywają go „*masakiem*” [20].

Celem pracy było oznaczenie zawartości rtęci ogółem w kapeluszach i trzonach muchomora czerwonego (*Amanita rubescens*) oraz oceny siły nagromadzania w nim tego metalu w realnych warunkach środowiskowych.

MATERIAŁ I METODYKA

Do badań wzięto po 15 okazów muchomora czerwonego (*Amanita rubescens*) Pers.: Fr. [19] oraz korespondujących próbek gleby (warstwa powierzchniowa 0-10 cm), pochodzących z trzech stanowisk na terenie woj. pomorskiego (Tab. I). Grzyby bezpośrednio po zebraniu rozdzielano na dwie części anatomiczne – osobno kapelusze i trzony, oczyszczano z piasku i elementów ściółki przy pomocy plastikowego noża. Oczyszczone grzyby suszono do stałej masy w suszarce nagrzewanej elektrycznie. Następnym etapem było sproszkowanie wysuszonego materiału w moździerzu porcelanowym i zapakowanie go do nowych woreczków strunowych z folii polietylenowej.

Glebę (próbki jednostkowe po ok. 100 g) pobierano spod owocnika, po odsłonięciu ściółki, za pomocą plastikowej łopatką. Z gleby usuwano ewentualnie obecne kamyki, patyki i bezkręgowce i pakowano do woreczków z folii polietylenowej. Woreczki z glebą pozostawiano przez kilka tygodni otwarte w przewiewnym i czystym miejscu w temperaturze pokojowej w celu usunięcia wilgoci. Powietrze suchą glebę przesiewano przez sitko plastikowe z oczkami o średnicy 1 mm, pakowano do nowych woreczków strunowych z folii polietylenowej i tak przechowywano do czasu analizy. Bezpośrednio przed oznaczeniem rtęci próbki gleby dodatkowo suszono w temp. 40 °C w suszarce laboratoryjnej przez 48-72 godz.

Zawartość rtęci ogółem w grzybach i glebie oznaczono techniką zimnych par absorpcyjnej spektroskopii atomowej (CV-AAS) po amalgamacji wytworzonych par rtęci metalicznej na węgla ze złota (Analizator rtęci typ MA-2000, Nippon Instruments Corporation, Takatsuki, Japan). Miarodajność metody sprawdzano, z bardzo dobrym wynikiem, analizując różne biologiczne materiały odniesienia o certyfikowanej zawartości rtęci ogółem [9-12, 17].

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Kapelusze muchomora czerwonego przeciętnie są o 50 % bardziej zanieczyszczone rtęcią niż trzony. Niemniej jednak, w przypadku pojedynczych okazów, wartość ilorazu stężenia rtęci ogółem w kapeluszu i trzonie dla 45 owocników wyniosła od 0,85 do 4,0 (Tab. I).

Być może rtęć jest nagromadzana w kapeluszu niektórych gatunków grzybów głównie w zarodnikach, a nieduże różnice w dojrzałości zarodników i wielkości ich puli (naruszona – rozsiewanie czy jeszcze nienaruszona) wprowadzają zmienności w proporcji zawartości rtęci w kapeluszu do trzonu. Rozstęp wartości stężenia rtęci w kapeluszach wynosił od 0,098 do 3,2 a w trzonach od 0,077 do 2,7 $\mu\text{g/g}$ masy suchej. W ustawodawstwie krajowym w okresie przed wstąpieniem do Unii Europejskiej zawartość rtęci w grzybach normowało Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. - w grzybach świeżych do 0,05 mg/kg, a w suszonych do 0,5 mg/kg.

Okazy muchomora z terenu Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego (TPK) w okolicy Gdyni cechowała nieco większa zawartość rtęci niż w pozostałych dwu miejscach, a zdecydowanie mniej zanieczyszczone są te zebrane w okolicy miejscowości Łapino w gminie Kolbudy (Tab. I). Wykazane dwukrotnie większe zanieczyszczenie rtęcią owocników muchomora z terenu TPK niż tych z okolic Łapina można, po części, tłumaczyć różnicą w zawartości tego metalu w podłożu glebowym pomiędzy oboma miejscami, tj. zawierającym średnio, odpowiednio: $0,075 \pm 0,051$ i $0,040 \pm 0,023$ $\mu\text{g Hg/g m.s.}$

Różnice w wartościach współczynnika bionagromadzania (BCF; *bioconcentration factor*) rtęci ogółem pomiędzy okazami z obu wymienionych stanowisk są nieduże. Jakkolwiek wartości współczynnika BCF są zdecydowanie większe i są one skrajnie rozstrzelone dla pojedynczych owocników muchomora z terenu Nadmorskiego Parku Krajobrazowego w okolicy Władysławowa (Tab. I). Okazy muchomora czerwonego zebrane na terenie Trójmiejskiego

Tabela I. Zawartość rtęci w muchomorze czerwonym i glebie ($\mu\text{g/g m.s.}$) oraz wartości ilorazów Hg_k/Hg_T , BCF_k i BCF_T (średnia arytmetyczna, błąd standardowy średniej, rozstęp i mediana, odpowiednio)
Mercury total content in European Blusher ($\mu\text{g/g dw}$) and values of the Hg_k/Hg_T , BCF_k and BCF_T quotients (arithmetic mean, SD, range and median, respectively)

Miejsce, rok i liczebność owocników (Site, year and number of carpophores)	Zawartość rtęci ($\mu\text{g/g m.s.}$)			Hg_k/Hg_T	BCF_k	BCF_T
	Kapelusz (Cap)	Trzon (Stipe)	Gleba (Soil)			
Łapino, gm. Kolbudy, woj. pomorskie, 2007 (15)	0,46±0,53	0,27±0,29	0,040±0,023	1,6±0,3	11±7	6,2±3,6
	0,098-2,1	0,077-1,2	0,016-0,099	0,87-2,4	3,0-31	2,3-17
	0,29	0,15	0,035	1,6	9,5	6,1
Władysławowo, Nadmorski Park Krajobrazowy, 2006 (15)	0,72±0,72	0,42±0,29	0,032±0,024	1,7±0,80	39±55	21±23
	0,23-3,2	0,14-1,3	0,0096-0,089	0,85- 4,0	3,7- 225	3,4- 95
	0,57	0,37	0,024	1,5	24	15
Gdynia, Trójmiejski Park Krajobrazowy, 2006 (15)	0,93±0,83	0,65±0,72	0,075±0,051	1,6±0,33	15±11	10±9
	0,25-3,1	0,17-2,7	0,030-0,20	1,2- 2,3	1,8- 43	1,2- 34
	0,52	0,30	0,057	1,6	13	6,7

Tabela II. Zawartość rtęci ogółem w muchomorze czerwonawym z różnych miejsc ($\mu\text{g/g m.s.}$), wg piśmiennictwa
Total mercury content in European Blusher from various sites ($\mu\text{g/g dw}$), adapted

Stanowisko i rok (<i>Site and year</i>)	n	Zawartość rtęci (<i>Mercury content</i>)			Poz. piśm.
		Kapelusz (<i>Cap</i>)	Trzon (<i>Stipe</i>)	Cały owocnik (<i>Whole</i>)	
Finlandia, Aetsa, 1979	3			0,067±0,025 (0,040-0,090)	[26]
Finlandia, cz. pld.-wsch., Mikkelä, 1979				0,64	[27]
Polska, ok. Gubina, 1994	16	0,99 ± 0,85 (0,21-3,1)	0,82 (0,11-2,3)	0,40	[15, 16]
Polska, Trójmiejski Park Krajobrazowy, Niedzwiednik, 1996	15	0,83 ± 1,0 (0,26-3,6)	0,94 (0,12-1,8)	0,50	[14]
Czechy, stanowiska zanieczyszczone, 1987-1989	8			2,4±1,2 (maks. 3,8)	[21]
Czechy, Czeskie Budziejowice, 1986-1987	12			0,61±0,33 (0,28-1,3)	[25]
Czechy, cz. pld., 1994-1996	21			1,2 ± 0,9 (0,23-4,2)	[22]
Czechy, różne rejony, p. 1996				0,58±0,20 (<i>Dubi</i>) 1,1±0,30 (<i>Chocen</i>) 2,1±0,90 (<i>Zbitroh</i>)	[4]
Czechy, Czeskie Budziejowice, 1997-2000	15			1,5±1,2 (0,25- 4,0)	[37]
Czechy, p. 2004				1,3±0,10-1,4±0,1	[33]
Niemcy, południowe rejony, p. 1976	13			0,57 (0,27-0,92)	[34]
Francja, 1975	6			0,69-1,3	[32]
Słowenia, Turjak, p. 1979	1			5,3	[3]
Słowenia pln., 1998-2001	2			1,0	[31]
Włochy, Toskania, 1981-1982				0,73	[2]
Włochy, Reggio Emilia, p. 2006				3,8-3,8	[5]
Turcja, wschodni rejon nad Morzem Czarnym, 1997				0,80±0,31	[35]
Turcja, Yeşilyurt, p. 1998				0,40	[39]
Turcja, wschodni rejon nad Morzem Czarnym, 2000	6			0,42±0,08 (0,32- 2,1)	0,72 [7]
Turcja, wschodni rejon nad Morzem Czarnym, p. 2001				0,23±0,07	[6]

Objaśnienia: p. (rok publikacji)

Parku Krajobrazowego w okolicy gdańskiej dzielnicy Niedźwiednik w 1996 r., przeciętnie, nagromadzały rtęć ogółem wydajniej w porównaniu z tymi z okolicy Gdyni w tych badaniach, tj. wartość mediany BCF Hg wyniosła, odpowiednio, 42 i 13 w kapeluszach oraz 23 i 6,7 w trzonach (Tab. I) [14]. W innych badaniach, dla okazów z okolic Gubina, wartość mediany BCF Hg wyniosła 32 dla kapeluszy i 15 dla trzonów, a na terenie Toskanii we Włoszech BCF Hg w kapeluszach wyniósł 7,2 [2, 10, 11]. Cytowane wartości BCF Hg dla muchomora czerwonego są zbieżne z wykazanymi w badaniach własnych (Tab. I). Niemniej biodostępność rtęci dla tego gatunku na badanych terenach wydaje się być różna, różny nieco jest także stopień zanieczyszczenia gleby.

Wykazane w tych badaniach wartości współczynnika BCF rtęci ogółem wskazują jednoznacznie, że grzyb ten względnie wydajnie nagromadza ($BCF > 1$) rtęć tak w kapeluszach, jak i trzonach. Przy minimalnym zanieczyszczeniu gleby rtęcią jest ona bardzo wydajnie wchłaniana i nagromadzana w kapeluszu i trzonie tego grzyba (wsp. BCF skrajnie do 225 i do 95, odpowiednio). Wydaje się, co obserwowano już wcześniej w przypadku niektórych innych gatunków grzybów, że w miarę wzrostu zawartości rtęci w glebie, po przekroczeniu pewnego progu zanieczyszczenia, wydajność nagromadzania tego metalu zdecydowanie maleje (malejąca tendencja wartości BCF). Jakkolwiek nagromadzanie może przebiegać różnie w zależności od dostępności i form rtęci w glebie, a w miarę silnego wzrostu zanieczyszczenia podłoża nie będzie ono powiększało się, do pewnej granicy, proporcjonalnie. Owa „malejąca tendencja” w przypadku gatunków niewykluczających rtęci ($BCF > 1$), i tak pozwala nagromadzić w owocniku znaczne ilości tego pierwiastka, czyniąc gatunek jadalny „niejadalnym”, jeżeli stopień zanieczyszczenia podłoża jest odpowiednio duży [13].

Zawartość metali ciężkich w grzybach jest pochodną wielu czynników i spowodowana m.in. wartością pH podłoża glebowego, potencjałem redox roztworu glebowego, zawartością materii organicznej w glebie, zdolnością danego gatunku grzyba do uwalniania, wchłaniania i wiązania metali z gleby [28]. Ilość metali ciężkich nagromadzana w owocnikach bywa związana z wiekiem grzybni, a także czasem formowania się owocników [37]. Jakkolwiek zdolność uwalniania czy pobierania z podłoża określonego pierwiastka metalicznego przez grzybnię determinują też cechy genetyczne gatunku, to o potrzebach w tym zakresie i strategii poszczególnych gatunków grzybów niewiele jest wiadomo.

Zawartość rtęci ogółem w okazach muchomora czerwonego z wielu stanowisk poza Polską na ogół niewiele odbiega od wyników uzyskanych w badaniach własnych (Tab. I i II). Mankamentem wielu publikacji cytowanych w tabeli II jest mała liczba zbadanych owocników, a zatem brak reprezentatywności. Rtęć w nieco większych stężeniach w omawianym gatunku na ogół notowano w niektórych miejscach w Czechach, Słowenii i we Włoszech (Tab. II). W jednej z publikacji podano, że owocniki muchomora czerwonego zebrane pod Paryżem w latach 1989-90 we Francji miały by zawierać rtęć ogółem w ilości aż $57 \mu\text{g Hg/g}$ m.s., co wydaje się mało prawdopodobne [29].

WNIOSKI

Zawartość rtęci ogółem w kapeluszach muchomora czerwonego z trzech przestrzennie odległych od siebie stanowisk w części północnej kraju przeciętnie nie przekraczała wartości $1,0 \mu\text{g/g}$ m.s. (mediana wyniosła około $0,5 \mu\text{g/g}$ m.s.).

Podziękowanie. Autorzy dziękują dyplomantkom: *Arlecie Naczki* i *Aleksandrze Konkiel* za pomoc w zebraniu i przygotowaniu materiału do analizy. Badania wsparte finansowo w ramach projektu nr DS/8250-4-0092-8.

M. Rompa, L. Bielawski, J. Falandysz

ZAWARTOŚĆ I BIOKONCENTRACJA RTĘCI U MUCHOMORA CZERWONAWEGO
(*Amanita rubescens*) Z POLSKI POŁNOCNEJ

Streszczenie

Oznaczono zawartość rtęci ogółem w 45 owocnikach muchomora czerwonawego oraz podłożu glebowym, pozyskanych z trzech przestrzennie odległych od siebie miejscach w woj. pomorskim w latach 2006-2007. Zawartość rtęci oznaczono techniką zimnych par bezpłomieniowej absorpcyjnej spektroskopii atomowej (CV-AAS) z amalgamacją na wełnie ze złota. Muchomor czerwonawy wydajnie nagromadza rtęć a mediana współczynnika BCF tego metalu na zbadanym terenie wyniosła, odpowiednio, od 9,5 do 24 dla kapeluszy i od 6,1 do 15 dla trzonów. Dla zbadanych terenów wartości średnie stężenia rtęci ogółem mieściły w zakresie od 0,46 do 0,93 (0,098-3,2) $\mu\text{g/g}$ m.s. w kapeluszach, od 0,27 do 0,65 (0,077-2,7) $\mu\text{g/g}$ m.s. w trzonach i od 0,032 do 0,040 (0,0096-0,20) $\mu\text{g/g}$ m.s. w substracie glebowym.

M. Rompa, L. Bielawski, J. Falandysz

CONTENT AND BIOCONCENTRATION OF MERCURY BY EUROPEAN BLUSHER
(*Amanita rubescens*) FROM NORTHERN POLAND

Summary

Total mercury content have been determined in 45 fruiting bodies of European Blusher (*Amanita rubescens*) and soil substrate collected from three spatially distant sites at the Pomorskie Voivodeship in 2006-2007. Mercury analysis carried out was by cold-vapour atomic absorption (CV-AAS) with amalgamation on golden wool. The European Blusher effectively accumulated mercury and median BCF values of this element ranged from 9.5 to 24 for the caps and from 6.1 to 15 for the stipes. For the areas surveyed mean concentration values of total mercury ranged from 0.46 to 0.93 (0.098-3.2) $\mu\text{g/g}$ dw for the caps, from 0.27 to 0.65 (0.077-2.7) $\mu\text{g/g}$ dw for the stipes and from 0.032 do 0.040 (0.0096-0.20) $\mu\text{g/g}$ dw for soil substrate.

PIŚMIENNICTWO

1. *Alonso J., Salgado M. J., Garcia M. A., Melgar M. J.*: Accumulation of mercury in edible macrofungi: influence of some factors. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2000, 38, 158-162.
2. *Bargagli R., Baldi F.*: Mercury and methyl mercury in higher fungi and their relation with substrata in a cinnabar mining area. Chemosphere 1984, 13, 1059-1071.
3. *Byrne A.R., Dermelj M, Vakselj T.*: Silver accumulation by fungi. Chemosphere, 1979, 10, 815-821.
4. *Cibulka J., Šišák L., Pulkrab K., Miholová D., Száková J., Fučíková A., Slámová A., Stěhulová J., Barláková S.*: Cadmium, lead, mercury and caesium levels in wild mushrooms and forest berries from different localities of Czech Republic. Sci. Agaric. Bohem. 1996, 27, 113-129.

5. Cocchi L., Vescovi L., Petrini L., Petrini O.: Heavy metals in edible mushrooms in Italy. Food Chem. 2006, 98, 277–284.
6. Demirbas A.: Concentrations of 21 metals in 18 species of mushrooms growing in the East Black Sea region. Food Chem. 2001, 75, 453–457.
7. Demirbas A.: Heavy metal bioaccumulation by mushrooms from artificially fortified soils. Food Chem. 2001, 74, 293–301.
8. Evans S., Kibby G.: Kieszonkowy atlas grzybów. Dorling Kindersley, Warszawa 2007, ISBN 978-83-87112-85-4.
9. Falandysz J., Bielawski L.: Mercury and its bioconcentration factors in Brown Birch Scaber Stalk (*Leccinum scabrum*) from various sites in Poland. Food Chem. 2007, 105, 635–640.
10. Falandysz J., Brzostowski A.: Mercury and its bioconcentration factors in Poison Pax (*Paxillus involutus*) from various sites in Poland. J. Environ. Sci. Health 2007, 42A, 1095–1100.
11. Falandysz J., Chwir A.: The concentrations and bioconcentration factors of mercury in mushrooms from the Mierzeja Wiślana sand-bar, Northern Poland. Sci. Total Environ. 1997, 203, 221–229.
12. Falandysz J., Frankowska A., Mazur A.: Mercury and its bioconcentration factors in King Bolete (*Boletus edulis*) Bull. Fr. J. Environ. Sci. Health 2007, 42A, 2089–2095.
13. Falandysz J., Gucia M., Mazur A.: Content and bioconcentration factors of mercury by Parasol Mushroom (*Macrolepiota procera*). J. Environ. Sci. Health 2007, 42B, 735–740.
14. Falandysz J., Gucia M., Brzostowski A., Kawano M., Bielawski L., Frankowska A., Wyrzykowska B.: Content and bioconcentration factor of mercury in mushrooms from northern Poland. Food Addit. Contam. 2003, 20, 247–253.
15. Falandysz J., Kryszewski K.: Rtęć w jadalnych gatunkach grzybów w rejonie Gubina. Bromat. Chem. Toksykol. 1996, 29, 27–29.
16. Falandysz J., Kryszewski K.: Rtęć w grzybach i substracie spod grzybów z okolic Polanowie w gminie Gubin, województwo zielonogórskie. Roczn. PZH 1996, 47, 377–388.
17. Falandysz J., Lipka K., Mazur A.: Mercury and its bioconcentration factors in Fly Agaric (*Amanita muscaria*) from spatially distant sites in Poland. J. Environ. Sci. Health 2007, 42A, 1625–1630.
18. Garnweidner E.: Encyklopedia kieszonkowa Grzyby. Muza S.A., Warszawa 1993, ISBN 83-7079-138-7.
19. Gumińska B., Wojewoda W.: Grzyby i ich oznaczanie. PWRiL, Warszawa, 1985.
20. http://www.kki.pl/zenit/grzyby_spyt.
21. Kalač P., Burda J., Stašková J.: Concentrations of lead, cadmium, mercury and copper in mushrooms in the vicinity of a lead smelter. Sci. Total Environ. 1991, 105, 109–119.
22. Kalač P., Šlepetová M.: Mercury contents in fruiting bodies of wild growing mushrooms. Potravn. Vedy, 1997, 15, 405–410.
23. Kalač P., Svoboda L.: A review of trace element concentrations in edible mushrooms. Food Chem. 2000, 69, 273–281.
24. Kalač P., Svoboda L., Havlickova B.: Contents of cadmium and mercury in edible mushrooms. J. Appl. Biom. 2004, 2, 15–20.
25. Kalač P., Wittingerová M., Stašková J., Šimák M., Bastl J.: Contents of mercury, lead and cadmium in mushrooms. Cs. Hyg. 1989, 34, 568–576.
26. Lodenius M., Herrangen M.: Influence of chlor-alkali plant on the mercury contents of fungi. Chemosphere 1981, 10, 313–318.
27. Lodenius M., Kuusi T., Laaksovirta K., Liukkonen-Lilja H., Piepponen S.: Lead, cadmium and mercury contents of fungi in Mikkeli, SE Finland. Ann. Bot. Fenn. 1981, 18, 183–186.
28. Malinowska E., Szefer P., Falandysz J.: Metals bioaccumulation by bay bolete, *Xerocomus badius*, from selected sites in Poland. Food Chem. 2004, 84, 405–416.
29. Michelot D., Siobud E., Doré J. Ch., Viel C., Poirier F.: Update on metal content profiles in mushrooms- toxicological implications and tentative approach to the mechanisms of bioaccumulation. Toxicon 1998, 36, 1997–2012.

30. *Piepponen S., Pellinen MJ, Hattula T.*: The selenium content of mushrooms. *W Brätter P., Schrammel .* (red.). Trace element – analytical chemistry in medicine and biology, Vol. 3, Walter de Gruyter & Co., Berlin, 1984, 159-166.
31. *Pokorny B., Sayegh-Petkovšek S., Ribarič- Lasnik C., Vrtačnik J., Doganoc D.Z., Adamič M.*: Fungi ingestion as an important factor influencing heavy metal intake in roe deer evidence from faeces. *Sci. Total Environ.* 2004, 324, 223-234.
32. *Quinche J.P.*: La pollution mercurielle de diverses especes de champignons. *Revue suisse Agric.* 1976, 8, 143-148.
33. *Řanda Z., Kučera J.*: Trace elements in higher fungi (mushrooms) determined by activation analysis. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 2004, 259, 99-107.
34. *Seeger R.*: Quecksilbergehalt der Pilze. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 1976, 160, 303-312.
35. *Sesli E., Tüzen M.*: Levels of trace elements in the fruiting bodies of macrofungi growing in the East Black Sea region of Turkey. *Food Chem.* 1999, 65, 453-460.
36. *Škubla P.*: Kieszonkowy atlas grzybów. Wydawnictwo Slovart, Warszawa 2005. ISBN 978-83-87112-44-8
37. *Svoboda L., Havličková B., Kalač P.*: Contents of cadmium, mercury and lead in edible mushrooms growing in a historical silver-mining area. *Food Chem.* 2006, 96, 580-585.
38. *Svoboda L., Kalač P., Špička J, Janoušková D.*: Leaching of cadmium, lead and mercury from fresh and differently preserved edible mushroom, *Xerocomus badius*, during soaking and boiling. *Food Chem.* 2002, 79, 41–45.
39. *Tüzen M., Özdemir M., Demirbaş A.*: Study of heavy metals in some cultivated and uncultivated mushrooms of Turkish origin. *Food Chem.* 1998, 63, 247-251.

Otrzymano: 6.02.2008