

JERZY FALANDYSZ, ALEKSANDRA CHOJNACKA, ANETA FRANKOWSKA

ARSEN, KADM, OŁÓW I RTĘĆ W BOROWIKU SZLACHETNYM
BOLETUS EDULIS A TOLERANCJE

ARSENIC, CADMIUM, LEAD AND MERCURY IN KING BOLETE
BOLETUS EDULIS AND TOLERANCE LIMITS

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

Zebrano i przeanalizowano dostępne dane o występowaniu arsenu, kadmu, ołowiu i rtęci w owocnikach borowika szlachetnego w świetle specyficznych właściwości tego gatunku do silnego bionagromadzania niektórych pierwiastków metalicznych i metaloidów, możliwego wpływu czynników środowiskowych oraz wyznaczanych tolerancji dla kadmu i ołowiu w grzybach uprawowych. Zastępowano wprowadzenie norm odnośnie maksymalnie dopuszczalnej zawartości (tolerancji) kadmu i ołowiu (arsen i rtęć w ustawodawstwie UE nie są normowane) w grzybach rosnących dziko. Ponadto, także potrzebę rozróżnienia i uwzględniania w prawodawstwie dotyczącym żywności specyficznych różnic w zdolności poszczególnych gatunków grzybów jadalnych do nagromadzania określonych metali i metaloidów (potencjalnie także ich form) w owocnikach; aktualne normy UE dotyczą tylko grzybów uprawowych – bez rozróżnienia konkretnych gatunków.

Słowa kluczowe: grzyby, metale, arsen, kadm, ołów, rtęć, borowik szlachetny
Key words: mushrooms, metals, arsenic, cadmium, lead, mercury, king bolete

Borowik szlachetny (*Boletus edulis* Bull. Fr.) jest gatunkiem rozprzestrzenionym głównie na półkuli północnej, a zwłaszcza w północnej strefie klimatu umiarkowanego w Ameryce Płn. i Europie. Na półkuli południowej grzyb ten występuje na Nowej Zelandii i na południu Afryki [23, 57]. Owocniki borowika szlachetnego wyrastają głównie pod świerkami, a poza borami świerkowymi grzyba tego zwykle można spotkać w borach sosnowych, ale też w lasach liściastych. Barwa kapelusza, wykształcenie siateczki na trzonie i siedlisko są podstawą dla rozróżnienia podgatunków borowika, które są też ujmowane jako odrębne gatunki, takie jak: borowik sosnowy (*B. pinophilus*) pozostający w mikoryzie z sosną, borowik usiatkowany (*B. aestivalis*) lub (*B. reticulatus*) z bukiem, borowik ciemnobrązowy (*B. aereus*) z dębami i kasztanowcami czy borowik (*B. carpinaceus*) z grabem [22].

Zapach i smak są to główne i najbardziej pożądane walory sensoryczne grzybów jadalnych jako takich oraz jako dodatków do potraw, a na dalszym planie są na ogół ich wartości odżywcze. U borowika szlachetnego w składzie białek zidentyfikowano 9 aminokwasów (fenyloalaninę, leucynę, izoleucynę, treoninę, walinę, metioninę, liznę, histydynę i argininę), a spośród witamin z grupy B takie jak: B₁, B₂, PP, tiaminę, ryboflawinę, niacynę. Z kolei wśród substancji zapachowych zidentyfikowano pirazyny, furany, ketony alifatyczne, benzaldehyd, acetaldehyd i oktenole, ale też cykloheksan i kwas glutaminowy [6, 53]. Ponadto tak jak u wielu innych gatunków grzybów owocniki borowika szlachetnego są bogate w składniki mineralne, a w tym bywa też, że w pierwiastki metaliczne i metaloidy sklasyfikowane jako toksyczne dla człowieka [1, 15, 39, 43, 44].

Proces pobierania pierwiastków metalicznych i metaloidów z substratu przez grzybnie – mechanizmy ich pozyskiwania (uwalniania z substratu) i wchłaniania biodostępnych form, a dalej transportu w grzybni i owocniku, dystrybucji i nagromadzania jest pochodną wielu różnych czynników [11]. Ponadto u gatunków mikoryzowych dochodzi element oddziaływania partnera roślinnego, a inne czynniki wpływające na bionagromadzanie (biokoncentrację) to zasobność pierwiastka w substracie, oddziaływania współzależne metali i metaloidów na granicy faz grzybnia-substrat, skład i właściwości substratu (gleby), czynniki klimatyczne i ekologiczne [58].

Owocniki jadalnych gatunków grzybów pozyskiwane w parkach miejskich, na miejskich trawnikach, z poboczy ulic i chodników, rumowisk, okolic zakładów przemysłowych a zwłaszcza w rejonie oddziaływania hut, kopalni, hald czy wysypisk, z terenów opuszczonych kopalni i zakładów przemysłowych, na polach gdzie odprowadzano szlamy pościelowe z oczyszczalni itp. z reguły będą zawierały pierwiastki metaliczne i metaloidy, a w tym takie jak arsen, kadm, ołów czy rtęć w stężeniu większym niż okazy tych samych gatunków grzybów, ale pozyskiwane na terenach niezanieczyszczonych [5, 24, 25, 30, 31, 35, 58].

Faktem jest, że wiele gatunków grzybów jadalnych wyrosłych w dziewiczych borach i lasach też zawiera w owocnikach arsen, kadm, ołów czy rtęć w względnie dużym lub bardzo dużym stężeniu. Owa swoista zasobność w niektóre pierwiastki metaliczne i metaloidy a w tym też te uznawane za toksyczne dla człowieka u szeregu gatunków grzybów jadalnych wydaje się być zdeterminowana genetycznie, a w niekorzystnych warunkach (zanieczyszczenie substratu) ma miejsce ich hiperkumulacja. Zatem obfitość licznych pierwiastków metalicznych i metaloidów w substracie (tle geochemicznym), w którym rozwija się grzybnia, a także ich dobra biodostępność mogą sprzyjać nagromadzeniu się niektórych składników mineralnych w owocnikach w nadmiernej ilości, ale także w niekorzystnej postaci – przynajmniej w aspekcie higieny żywności i żywienia. Chociaż, jak wykazał Tyler [54], niektóre gatunki grzybów cechuje zdolność wykluczania wielu pierwiastków metalicznych, tj. nie nagromadzania ich w ilości przekraczającej stężenie w podłożu – jeśli zdolność tę sparametryzować jako iloraz z wartości stężenia w owocniku i podłożu (substracie, glebie) w przeliczeniu na masę suchą obu tych materiałów (wartość współczynnika bionagromadzania czy biokoncentracji, BCF < 1).

Liczność świata grzybów kapeluszowych jest oceniana na około 40 000 gatunków, a w tym około 4 000 gatunków to grzyby jadalne. Z analizy piśmiennictwa naukowego i badań własnych wynika, że istnieją często duże rozbieżności pomiędzy wartościami absolutnymi stężenia arsenu, kadmu, ołowiu czy rtęci (wartościami typowymi i dotyczącymi warunków normalnych), które można wykazać dla naturalnie pozyskanych owocników wielu

gatunków grzybów jadalnych, a aktualnymi, ale też dawniej wyznaczonymi prawem maksymalnie dopuszczalnymi zawartościami (tolerancjami) dla tych metali w grzybach. Innymi słowy określone gatunki grzybów często zawierają więcej arsenu, kadmu, ołowiu czy rtęci niż wynosiła stosowna wartości tolerancji np. w Polsce przed akcesją z Unią Europejską (UE), tj., odpowiednio, 0,5; 1,0; 2,0 i 0,5 mg/kg masy suchej [42]. Powyższą obserwację, przy braku norm dla grzybów jadalnych rosnących dziko, można odnieść także do aktualnych tolerancji dla kadmu i ołowiu wyznaczonych dla grzybów uprawowych (wszystkie grzyby uprawowe bez rozróżniania gatunku) obowiązujących w UE tj., odpowiednio, 0,2 i 0,3 mg/kg masy mokrej (świeży produkt) [3]. W praktyce badając partię określonego gatunku grzybów jadalnych pozyskanych ze stanu dzikiego i wydając orzeczenie o ich przydatności do spożycia oraz zezwolenie na obrót handlowy, przy braku stosownej normy dotyczącej pochodzenia (rosnące dziko) i gatunku, można posłużyć się istniejącym (UE) i „merytorycznie” najbliższym uregulowaniem, ale ujmującym tylko ogólnie gatunki uprawowe.

Opracowanie dotyczy analizy dostępnych danych o występowaniu arsenu, kadmu, ołowiu i rtęci w borowiku szlachetnym. Celem analizy jest: prezentacja bazy danych faktograficznych oraz dyskusja przesłanek dla wyznaczenia realistycznych tolerancji tj. opartych o uwarunkowaną genetycznie zdolność do silnego nagromadzania przez określone gatunki grzybów kadmu i ołowiu (także arsenu i rtęci) oraz kryteria środowiskowe.

ARSEN

W dostępnym piśmiennictwie naukowym brak jest danych o zawartości arsenu ogółem (wszystkie sole lub połączenia chemiczne, albo stopnie utlenienia, sumarycznie), czy jego konkretnych połączeń chemicznych w owocnikach borowika z terenu Polski. Skromne ilościowo dane o arsenie w borowiku szlachetnym ze stanowisk w innych krajach zawarto w tabeli I. Rozstęp wartości średnich stężenia arsenu wykazany dla borowika szlachetnego z terenu Europy wyniósł 0,10-1,1 mg/kg wysuszonych owocników, a dla próbek jednostkowych od 0,01 do 1,2 mg/kg. Arsen – średnio w około siedmiokrotnie większym stężeniu niż w Europie, tj. 3,8 mg/kg m. s. wykrywano w niedużej liczbie zbadanych okazów borowika szlachetnego w Meksyku (tabela I).

Tabela I. Arsen (mg/kg m. s.) w owocnikach borowika szlachetnego
Arsenic (mg/kg d.m.) content of the fruiting bodies of king bolete

Miejsce i rok	Liczba próbek	Zawartość (mg/kg)*		Pozycja piśm.
		Średnia	Rozstęp	
Słowacja, Dvor		1,0		2
Holandia, Niemcy, Szwajcaria, Francja, 1985-1988	11	0,5	0,25-1,16	50
Finlandia, 2001-2002	8	0,11	0,06-0,14	40
Finlandia, 1976	1	0,01		55
Turcja, 1997		1,07±0,27		45
Meksyk, 1993-1999		3,78		20

* Wszystkie wartości absolutne stężenia zaokrąglono (all absolute concentration values were rounded)

Maksymalna dopuszczalna zawartość arsenu (arsenu ogółem) w grzybach suszonych w rozporządzeniu z roku 2003 wynosiła 0,50 mg/kg [42]. W świetle skromnej ilości danych faktograficznych (tabela I) wyznaczona wartość tolerancji (0,50 mg As/kg m.s.) była mniejsza niż wartości stężenia arsenu wykazane dla znacznej części zbadanych okazów borowika szlachetnego ze stanowisk niezanieczyszczonych tym metalem w Europie.

Grzyby jadalne bywają bogate w arsen. Na przykład u gatunku lakówka ametystowa (*Laccaria amethystina*) wykrywano 25-130, 160 i 209 mg As/kg m.s.; u lakówki pospolitej (*Laccaria laccata*) 4,5 i 12-33 mg As/kg m.s.; u gąsówki nagiej (*Lepista nuda*) 3,9-6,7 mg As/kg m.s.; u pieczarki dwuzarodnikowej (*Agaricus bisporus*) 1,0 mg As/kg m.s.; pieczarki krwawej (*A. langei*) 7,0 mg As/kg m.s., a u pieczarki *A. subrutilescens* 11 mg As/kg m.s. [48, 50-53].

Z badań nad składem i zawartością związków arsenu w niektórych gatunkach grzybów wynika, że u gatunków z rodzaju pieczarka (*Agaricus*) i purchawka (*Lycoperdon*) dominującą jego postacią jest arsenobetaina. U niektórych gatunków grzybów główną formą arsenu jest arsenian [As(V)], a u innych arsenin [As(III)]. W grzybach zidentyfikowano też kwas dimetyloarsenowy i kwas metyloarsenowy, ale jako ostatnie składniki, a jako takie także arsenocholinę i jon tetrametyloarsenowy [52].

W świetle dostępnych danych o występowaniu arsenu w borowiku szlachetnym (tabela I) nie wydaje się, aby wyznaczona dawniej na 0,50 mg/kg m.s. maksymalnie dopuszczalna zawartość dla tego pierwiastka w grzybach w odniesieniu do tego gatunku miała uzasadnienie. Niemniej, baza faktograficzna o arsenie w borowiku szlachetnym w dostępnym piśmiennictwie naukowym jest zbyt uboga. Dla dobrego rozeznania konieczne było by przeprowadzenia dodatkowych badań ujmujących analizę większej liczby owocników borowika szlachetnego (także innych gatunków borowika) pochodzących z różnych obszarów leśnych.

KADM

Danych o kadmie w owocnikach borowika szlachetnego z terenu kraju jest względnie dużo. Metal ten w skrajnie dużym stężeniu wykrywano w okazach borowika ze stanowisk w Austrii, tj. 53 mg/kg m.s., a w okazach zebranych na terenie Helsinek do 56 mg/kg m.s. (tabela II).

W badaniach własnych wykazano znaczne przestrzenne zróżnicowanie wielkości stężeń kadmu w owocnikach borowika szlachetnego dla 16 zbadanych i typowych dla tego gatunku stanowisk w kraju (tabela II). Wszystkie wspomniane 16 stanowisk to miejsca, które można uznać za znajdujące się poza bezpośrednim wpływem punktowych (lokalnych), mniej lub bardziej silnych źródeł emisji kadmu do środowiska, czyli za miejsca niezanieczyszczone. Niemniej w Europie Środkowej, na przestrzeni minionych kilku dekad lat, nawet obszary uznawane za „niezanieczyszczone” były i dalej są narażone na kadm oraz inne metale w niewielkich ilościach nanoszone i deponowane drogą atmosferyczną ze źródeł o zasięgu obszarowo trans-granicznym.

Kadm w kapeluszach borowika szlachetnego ze stanowisk krajowych wykrywano przeciętnie w stężeniu od $1,6 \pm 1,1$ do 12 ± 3 (rozstęp dla pojedynczych okazów wyniósł 0,1-19), a w trzonach od $0,75 \pm 0,30$ do $5,6 \pm 4,9$ (0,1-19) mg/kg m.s. (tabela II). Kapelusz dorodnego borowika szlachetnego w całej swojej masie zawiera kadm średnio w stężeniu około trzy-

Tabela II. Kadm (mg/kg m. s.) w owocnikach borowika szlachetnego
 Cadmium (mg/kg d.m.) content of the fruiting bodies of king bolete

Miejsce i rok	Część owocnika [#]	Liczba próbek	Zawartość (mg/kg)*		Pozycja piśm.
			Średnia	Rozstęp	
Polska, 1978			2,8		33
Polska, 1990-91		10	2,6	1,8-4,6	46
		10	2,1	1,6-3,0	
Polska, okolice Brodnicy, 1987			4,3		21
Polska, Bory Tucholskie, 1994	K	8	2,0±0,5	1,2-2,7	16
Polska, woj. pomorskie, okolice Pomlewa, 1994	K	4	12±3	8,5-14	15
Polska, Małopolska, 1996		20	1,9	1,4-2,7	29
Polska, Małopolska, 1996		20	2,3	1,6-3,2	29
Polska, okolice Bielska-Białej, 1996		20	1,6	1,1-2,1	29
Polska, okolice Bielska-Białej, 1996		20	1,7	1,1-2,0	29
Polska, okolice Bielska-Białej, 1996		20	1,7	1,0-1,9	29
Polska, woj. pomorskie, Wyspa Sobieszewska, 2000	K	10	5,6±2,1	2,4-9,6	**
	T	10	2,3±1,3	0,90-4,5	**
Polska, woj. pomorskie, Lasy Wejherowskie, 1999	K	10	6,1±3,9	2,2-12	**
Polska, woj. pomorskie, Bory Tucholskie, 1999	K	15	3,8±2,8	0,70-10	**
Polska, woj. kuj.-pom., Puszcza Bydgoska, 2000	K	15	6,3±2,1	3,4-11	**
Polska, woj. pomorskie; poj. Kaszubskie, 2000	K	15	3,3±1,7	1,4-7,1	**
Polska, woj. pomorskie; poj. Kaszubskie, 2001	K	15	1,6±1,1	0,1-3,3	**
Polska, woj. warm.-maz., ok. Giżycka, 2000	K	15	4,6±1,6	2,2-7,8	**
Polska, woj. warm.-maz., ok. Kętrzyna, 2000	K	15	5,4±3,4	1,4-15	**
Polska, woj. warm.-mazur.; poj. olsztyńskie, 2000	K	15	4,8±3,1	0,2-9,4	**
Polska, Puszcza Augustowska, 2000	K	15	4,5±2,1	2,9-12	**
Polska, Kotlina Płocka, 2001	K	10	5,5±2,4	1,7-11	**
Polska, Dolina Chochołowska, 1999	K	15	7,5±4,5	2,1-16	**

Polska, Sudety, Kotlina Kłodzka, 2000	K	15	10±2	8-15	**
	T	15	5,6±4,9	2,2-19	**
Polska, Świętokrzyski Park Narodowy, 2000	K	15	11±3	5-19	**
	T	15	3,3±1,2	1,7-5,1	**
Słowacja, 1990-93		5	6,6±3,5		24
Czechy, 1986-87		19	2,3±1,3	0,44-5,5	26
Niemcy, 1967-1977		6	2,4	1,1-5,9	43
Niemcy, 1976			3,6		37
Słowenia, Dvor, 1978			3,5		2
Słowenia, Slovenska Bistrica, 1978			1,3-11		2
Szwajcaria, 1975-82		14	5±9		42
Austria, 1980			53		5
Węgry, 1984-87			1,0-5,2		56
Finlandia, 2001-2002		8	3,4	0,8-12	40
		3	1,4	1-1,9	40
Finlandia, Helsinki, 1974			0,79		31
Finlandia, Helsinki, 1979		6	1,3-2,9		30
Finlandia, 1976		2	0,21	0,11-0,33	55
Finlandia, Helsinki, 1979-84		2		10-15	28
Finlandia, okol. Helsinek, 1980-81		5	16	3-56	35
Francja, okolice Paryża, 1989-90			1,4-1,7		38
Turcja, 1997			1,1±0,27		45
Meksyk, 1993-99			0,73		20

*Wszystkie wartości absolutne stężenia zaokrąglono (all absolute concentration values were rounded);

#K (kapelusz), T (trzon); part of fruiting body (K, cap; T, stem);

**Badania własne (dane nieopublikowane).

krotnie większym niż trzon – średnia arytmetyczna ważona dla 204 kapeluszy wyniosła 5,8 a dla 200 trzonów 2,2 mg/kg m. s. (badania własne, dane nie opublikowane).

Niedawno *Nikkarinen* i wsp. [40], analizując niedużą liczbę owocników borowika szlachetnego z terenu Finlandii wskazali na wyraźny wpływ składu podłoża geochemicznego (skała macierzysta) na zawartość niektórych metali w tym gatunku grzyba. Okazy borowika szlachetnego wyrosłe na obszarze o powiększonej zawartości kadmu w tle geochemicznym zawierały średnio 3,4 mg Cd/kg m.s., a wyrosłe na obszarze o mniejszej zawartości tego metalu w skale macierzystej zawierały średnio 1,4 mg Cd/kg m.s. [40].

Można przyjąć, że zawartość kadmu w owocniku (kapelusz i trzon) borowika szlachetnego z stanowisk na obszarach niezanieczyszczonych tym metalem na ogół nie przekroczy wartości 20 mg/kg m.s., a na terenach zanieczyszczonych będzie większa niż 20 mg/kg m.s. W myśl do niedawna obowiązującego prawa maksymalnie dopuszczalna zawartość kadmu w grzybach suszonych w kraju wynosiła 1,0 mg/kg [42]. Obecnie wartość ta w grzybach uprawowych na terenie UE wynosi 0,2 mg/kg masy mokrej (tj. około 2,0 mg/kg m.s., zakładając, że zawartość wody w owocniku przeciętnie wynosi 90%) [3]. W świetle dostępnych

danych można wykazać, że zawartość kadmu w owocnikach borowika szlachetnego charakterystyczna dla tego gatunku i nie spowodowana zanieczyszczeniem (zanieczyszczenie techniczne) surowca może być około dziesięciokrotnie większa niż wymieniona wartość tolerancji dla grzybów uprawowych. Pomijając zagadnienia związane z wielkością spożycia owocników borowika szlachetnego *per capita* oraz jego biodostępnością dla człowieka, to, w oparciu o kryteria środowiskowe (tabela II), sugerowana wartość tolerancji dla tego metalu w tym gatunku grzyba winna wynosić nie więcej niż 20 mg/kg m.s.

OŁÓW

Wartość tolerancji dla ołowiu w grzybach suszonych w kraju do 1 maja 2004 r. wynosiła 2,0 mg/kg m.s. [42]. Aktualnie na terenie UE tolerancja dla ołowiu w grzybach uprawowych wynosi 0,3 mg/kg m.m. [3], czyli 3,0 mg/kg m.s. (przyjmując, że zawartość wody wynosi 90 %). Kapelusze i trzony borowika szlachetnego zebrane na stanowiskach krajowych na ogół zawierały ołów w ilości mniejszej od 3,0 mg/kg m.s. (tabela III).

Analiza ilościowa śladowych ilości ołowiu w surowcach żywnościowych i żywności, płynach ustrojowych itd. pozostaje dużym wyzwaniem dla analityków i laboratoriów analitycznych, pomimo rozwoju technik analitycznych i aparatury pomiarowej. Laboratoria dysponujące idealnymi warunkami dla utrzymania specjalnej czystości pomieszczeń (tzw. analityczne laboratoria ultra-czyste i czyste), dobrze wyposażone w bezproblemowy sprzęt do roztwarzania próbek (ciśnieniowe naczynia teflonowe i piece mikrofalowe), oraz stosowną aparaturę pomiarową są jedynymi zdolnymi dostarczać miarodajnych wyników oznaczeń śladowych ilości ołowiu. Analiza zawartość ołowiu w kilku próbkach kapeluszy borowika szlachetnego pochodzących z obszaru niezanieczyszczonego tym metalem w kraju - przeprowadzona w wyspecjalizowanym i klasy „ultra-czyste” laboratorium, wykazała obecność w surowcu do 2,2 mg Pb/kg m.s. [15]. W innych badaniach, też wykonanych w laboratorium klasy „czyste”, w kapeluszach borowików szlachetnych z Tatr i Sudetów wykrywano ołów w stężeniu, odpowiednio, do 2,7 i 3,3 mg/kg m.s. (tabela III). Zatem można przypuszczać, że nawet na obszarach niezanieczyszczonych ołowiem zawartość tego metalu w suszu z borowików szlachetnych mogła przekraczać dawniej obowiązującą w kraju wartość tolerancji wynoszącą 2,0 mg/kg m.s., a niekiedy także przekracza wartość 0,3 mg/kg m.m. wyznaczoną dla grzybów uprawowych na terenie UE [3, 42].

W artykułach *Dolischka* i wsp. [5] oraz *Michelot* i wsp. [38] wartości stężenia ołowiu w okazach borowika szlachetnego zebranych na terenie Austrii w 1980 r. oraz we Francji w okolicach Paryża w latach 1989-1990 wyniosły, odpowiednio 33 i 20-21 mg/kg m.s., i są one skrajnie duże. A nawet, w świetle innych wartości zestawionych w tabeli III, można uznać je za wątpliwe.

Wnioskując na podstawie dostępnych danych o występowaniu ołowiu w borowiku szlachetnym (tabela III) nie wydaje się, aby wyznaczona dawniej na 2,0 mg/kg m.s. maksymalnie dopuszczalna zawartość dla tego pierwiastka w grzybach w odniesieniu do tego gatunku miała uzasadnienie. Pomijając zagadnienia związane z wielkością spożycia owocników borowika szlachetnego *per capita* oraz przyswajalnością ołowiu zawartego w borowiku z przewodu pokarmowego człowieka, to, w oparciu o kryteria środowiskowe (tabela III), sugerowana wartość tolerancji dla tego metalu w tym gatunku grzyba winna wynosić, co najmniej 3,0 mg/kg m.s.

Tabela III. Ołów (mg/kg m. s.) w owocnikach borowika szlachetnego
Lead (mg/kg) content of the fruiting bodies of king bolete

Miejsce i rok	Część owocnika [#]	Liczba próbek	Zawartość (mg/kg)*		Pozycja piś.m
			Średnia	Rozstęp	
Polska, 1978			3,8		33
Polska, 1990-91		10	2,1	0,63-2,8	46
		10	1,4	0,94-1,9	
Polska, okolice Brodnicy, 1987			1,3		21
Polska, Bory Tucholskie, 1993	K	8	1,6±1,4	0,4-3,7	34
	T	8	0,5±0,4	0,2-1,2	
Polska, okolice Gubina, 1994	K	11	3,4±2,6	0,5-9,7	34
	T	11	4,1±3,5	0,5-12	
Polska, Bory Tucholskie, 1989		6	5,6±3,0	3,5-11	19
	K	2	5,4	4,6-6,2	
	T	1	9,1		
Polska, woj. pomorskie, ok. Pomlewa, 1994	K	4	1,2±0,8	0,25-2,2	15
Pojezierze Kaszubskie, 1999	K	15	0,75±0,38	0,28-1,6	**
	T	15	0,76±0,39	0,35-1,7	**
Polska, Dolina Chochołowska, 1999	K	15	0,76±0,69	0,17-2,7	**
Polska, Kotlina Kłodzka, 2000	K	15	1,9±0,8	1,1-3,3	**
Szwajcaria, 1975-82		14	1,3±0,7		41
Austria, 1980			33		5
Czechy, 1986-1987		20	1,2±1,1		26
Słowacja, 1990-1993		5	3,0±3,2		24
Meksyk, 1993-99			2,9		20
Finlandia, 2001-2002		8	0,2	0,05-0,7	40
		3	0,3	0,2-0,5	
Finlandia, 1976		2	0,03	0,02- 0,04	55
Finlandia, Helsinki, 1974			3		32
Finlandia, Helsinki, 1979		6	0,9		30
Finlandia, Helsinki (obszar zanieczyszczony)			63		35
Francja, okolice Paryża, 1989-90			20-21		38
Turcja, 1997			0,80±0,24		45

*Wszystkie wartości absolutne stężenia zaokrąglono (all absolute concentration values were rounded);

[#]K (kapelusz), T (trzon); part of fruiting body (K, cap; T, stem);

**Badania własne (dane nieopublikowe).

RTEĆ

Danych o rtęci w borowiku szlachetnym w Polsce oraz w innych krajach europejskich jest względnie dużo (Tabela IV). Skrajnie małe wartości stężenia rtęci wykazano dla owocników borowika szlachetnego z kilku stanowisk w Polsce, tj. średnio 0,4-0,5 (0,03-0,05 mg Hg/kg m.s.) [45]. Z kolei wartości skrajnie duże, tj. średnio 32±19 mg Hg/kg m.s. wykazano w okazach borowika z obszarów położonych niedaleko od kopalń i hut rud rtęci i miedzi

Tabela IV. Rtęć w owocnikach borowika szlachetnego (mg/kg m. s.)
Mercury content of the fruiting bodies of king bolete (mg/kg d.m.)

Miejsce i rok	Część owocnika	n	Zawartość (mg/kg)*		Pozycja piśm.
			Średnia	rozstęp	
Polska, 1990-91		10	0,05	0,04-0,05	46
		10	0,04	0,03-0,05	
Polska, woj., Gubin, 1994	K	16	3,0±1,2	1,2-4,5	18
Polska, woj. pomorskie, Trójmiejski P. K., 1996	K	15	2,9±1,4	1,2-6,9	10
Polska, woj. pomorskie, Wdzydzki P. K., 1995-96	K	15	2,6±2,0	0,9-7,1	8
Polska, woj. warmińsko-mazurskie, 1997-98	K	16	3,0±1,6	1,8-7,1	17
Polska, Tatry, Dolina Chochołowska, 1999	K	11	0,9±0,6	0,14-2,2	9
Polska, Sudety, Dolina Kłodzka, 2000	K	10	2,0±0,7	1,0-2,8	
Polska, Puszcza Borecka, 1998	K	7	2,0±1,6	0,8-3,1	
Polska, ok. Kościerzyny, 2001	K	16	2,3±0,9	1,0-3,7	
Polska, Zaborski P. K., 1997-98	K	15	2,6±1,2	0,8-5,9	11
Polska, woj. pomorskie, ok. Pomlewa, 1994	K	4	5,5±1,9	3,9-8,2	15
Polska, woj. warmińsko-mazurskie, Puszcza Borecka, 1998	K	16	9,9±2,7		14
	T	16	5,3±2,0		
Polska, woj. warm.-mazur., Szczybały Orłowskie, 1998	K	16	3,6±1,4		14
Polska, ok. Ostródy, 1997-98	K	16	3,0±1,6		7
Polska, Puszcza Augustowska, 1997-98	K	16	2,3±1,1	0,6-4,5	13
Polska, woj. pomorskie, Wyspa Sobieszewska, 2000	K	10	3,1±0,7	2,1-4,2	**
Polska, woj. pomorskie, Lasy Wejherowskie, 1999	K	10	2,6±1,8	1,3-5,6	**
Polska, woj. pomorskie, Bory Tucholskie, 1999	K	15	3,2±1,2	0,5-5,5	**
Polska, woj. kujawsko-pomorskie, Puszcza Bydgoska, 2000	K	10	1,4±0,4	0,7-2,3	**

Polska, woj. pomorskie; poj. Kaszubskie, 2000	K	15	2,8±1,0	1,6-4,5	**
Polska, woj. pomorskie; poj. Kaszubskie, 2001	K	15	5,2±1,5	3,1-7,5	**
	T	15	2,1±0,6	1,3-3,2	**
Polska, woj. warm.-mazur., ok. Giżycka, 2000	K	15	3,1±2,2	0,2-8,6	**
Polska, woj. warmińsko-mazurskie, ok. Kętrzyna, 2000	K	15	2,1±1,5	1,1-3,9	**
Polska, woj. warmińsko-mazurskie; poj. Olsztyńskie, 2000	K	15	1,1±1,4	0,02-4,1	**
	T	15	0,82±0,7 1	0,03-2,3	**
Polska, Puszcza Augustowska, 2000	K	15	2,6±0,5	1,9-3,5	**
Polska, Kotlina Płocka, 2000	K	10	4,9±1,4	2,1-7,9	**
	T	10	2,4±0,9	0,5-3,9	**
Polska, Dolina Chochołowska, 1999	K	15	2,1±1,2	0,4-4,3	**
	T	15	1,1±0,9	0,1-2,8	**
Polska, Sudety, Kotlina Kłodzka, 2000	K	15	2,1±0,7	1,3-3,1	**
	T	15	2,1±0,6	1,3-2,6	**
Polska, Świętokrzyski Park Narodowy, 2000	K	15	7,6±3,1	4-14	**
	T	15	3,8±1,5	2,1-6,7	**
Słowacja, 1990-93		5	32±19		24
Czechy, 1986-87		19	2,2±0,9	0,95-4,4	26
Słowacja, 1990-93		5	32±19		24
Słowenia, 1972		3	3,5	2,4-4,4	47
Słowenia, Dvor, 1978			0,9		2
Słowenia, Slovenska Bistrica, 1978			0,6-4,1		2
Szwajcaria			3,2		49
Szwajcaria, 1975-82		14	3,5±2,8		41
Szwajcaria, 1972			3,2		49
Finlandia, Helsinki, 1979		6	0,7-4,1		30
Finlandia, 1976		2	0,094	0,66-0,12	55
Finlandia, Helsinki, 1979-84		2		2,5-3,2	28
Finlandia, Helsinki, 1979			1,4		36
Finlandia, 1978			1,5		31
Finlandia, ok. Helsinek, 1980-81		5	0,9	0,3-1,5	35
Niemcy, 1975	K	26	7,0±0,7		44
	T	26	3,2±0,3		
Szwecja, Vasterbotten, ok. Ume?, 1995	K	16	1,2±1,4	0,06-5,4	12
Włochy, ok. Rzymu, 1982-83			1,3		4
Francja, ok. Paryża, 1989-90			34-41		38
Turcja, 1997			0,51±0,2		45
			0		

*Wszystkie wartości absolutne stężenia zaokrąglono (all absolute concentration values were rounded);

#K (kapelusz), T (trzon); part of fruiting body (K, cap; T, stem)'

**Badania własne (dane nieopublikowane).

na Słowacji [24]. Dużo rtęci, tj. 34-41 mg Hg/kg m.s. wykazano także w okazach borowika spod Paryża we Francji [37]. Jak wynika z zestawienia w tabeli IV, poza wspomnianym wyjątkiem [46], to we wszystkich badaniach zanotowano większe stężenia tego metalu w borowiku szlachetnym niż wynosiła obowiązująca w kraju do 1 maja 2004 r. tolerancja 0,50 mg Hg/kg m.s. dla „grzybów” [42].

Kapelusze borowika szlachetnego przeciętnie cechuje dwukrotnie większa zawartość rtęci niż trzony (tabela IV) [7-15, 17, 18]. Maksymalna zawartość rtęci ogółem w kapeluszach wykazana dla borowika szlachetnego w kraju (Góry Świętokrzyskie) wyniosła 14 mg/kg m.s. (tabela IV). W oparciu o dostępne dane sugerowana wartość tolerancji dla rtęci ogółem w owocnikach borowika szlachetnego winna być znacznie większa niż 0,50 mg/kg m.s. [42]. Jeśli sugerowana wartość tolerancji dla rtęci (maksymalnie dopuszczalna zawartość rtęci) miała by być wyznaczona bez konieczności podania postaci chemicznych tego pierwiastka (trudne przedsięwzięcie dla analityka), np. metylortęci (monometylortęci), a jedynie w oparciu o zawartość rtęci ogółem, to winna wynosić ona ok. 5,0 mg Hg/kg m.s. (dla partii lub próbek zbiorczych surowca, ale nie próbek jednostkowych).

NIKTÓRE INNE TOKSYCZNE DLA CZŁOWIEKA PIERWIASTKI METALICZNE I METALOIDY W BOROWIKU SZLACHETNYM

Jak to zdefiniował „wyższy nad *Caeliusem*”^{*}, czyli *Paracelsus*, że „dawka czyni truciznę” (*dose makes a poison*), to trudno uciec od wielkości, jaką jest dawka progowa? Dzisiaj wiemy, że w odniesieniu do toksykologicznie problematycznych pierwiastków metalicznych i metaloidów o ich wpływie szkodliwym zasadniczo decyduje dominacja konkretnej postaci chemicznej (związku, cząsteczki) i korespondująca z nią wielkości wchłoniętej dawki (narażenia, ekspozycji). A z pewnością nie decyduje tzw. „zawartość ogółem” w odniesieniu do wielu, współobecnych np. w pożywieniu, ale o różnych własnościach toksynodynamicznych połączeń i form danego pierwiastka. Ważny jest wpływ możliwych oddziaływań współzależnych (synergistycznych lub antagonistycznych dla form wchłanianych i zarazem biodostępnych dla dokowania z określonymi receptorami w komórce). Ryzyko inicjacji zmian niekorzystnych (np. wpływów genotoksycznych), może wynikać z chwilą pojawienia się ksenobiotyku w komórce.

Dla pierwiastków metalicznych i metaloidów jak dotąd nie ma stosownego równoważnika (równoważników) toksyczności umożliwiającego wyważenie wpływów dla wszystkich aktywnych toksykodynamicznie form współobecnych w poszczególnych gatunkach grzybów jadalnych (lub innych rodzajach żywności). Niemniej takowe rozwiązanie praktycznie byłoby bardzo trudne (analitycznie) do zrealizowania.

W owocnikach borowika szlachetnego poza arsenem, kadmem, ołowiem i rtęcią są obecne także i inne pierwiastki metaliczne i metaloidy określane jako toksyczne dla człowieka. Srebro wykrywano w owocnikach borowika szlachetnego w ilościach: 3,7 mg/kg m.s. (1-10) w Niemczech; 2,7-6,5 mg/kg w okolicach Paryża i 5,8 mg/kg (8-41) na Bałkanach [2, 38, 43]. Z kolei bar wykrywano w borowiku w Meksyku w ilości 18 mg/kg m.s. [20]. W badaniach własnych bar w borowiku wykrywano w ilości do 6,5 mg/kg; tal do 0,54 mg/kg m.s., a antymon do 0,07 mg/kg m.s. (dane niepublikowane).

^{*}*Caelius Aurelianus*

WNIOSKI

Wartości maksymalnie dopuszczalnej zawartości arsenu, ołowiu, kadmu i rtęci obowiązujące w kraju do 1 maja 2004 r. tj., odpowiednio: 0,5; 1,0; 2,0 i 0,5 mg/kg dla grzybów suszonych w przypadku suszu z borowika szlachetnego były nierealistyczne. Wartości stężeń kadmu notowane w owocnikach borowika szlachetnego pochodzących ze stanowisk niezanieczyszczonych tym metalem w różnych rejonach kraju a także i z innych krajów europejskich z reguły są znacznie większe niż wartości tolerancji dla tego metali metalu w grzybach uprawowych (brak ustaleń dla grzybów rosnących dziko) na terenie UE. W przypadku ołowiu aktualnie obowiązująca wartość tolerancji dla tego metalu w grzybach uprawowych jest nieco mniejsza od wartości stężeń notowanych w owocnikach borowika szlachetnego na terenach niezanieczyszczonych.

J. Falandysz, A. Chojnacka, A. Frankowska

ARSENIC, CADMIUM, LEAD AND MERCURY IN KING BOLETE *BOLETUS EDULIS*
AND TOLERANCE LIMITS

Summary

In the article are reviewed and discussed available data on arsenic, cadmium, lead and mercury content of the fruiting bodies of king bolete. The values of cadmium concentration of the fruiting bodies of king bolete collected from the areas unpolluted with metals and metalloids in Poland and other European countries usually are greater than an actual tolerance limits set by EU law for 0.2 mg/kg wet weight in cultivated mushrooms. Analogically, as is for cadmium also content of lead to be sometimes greater than tolerance limit of 0.3 mg/kg w. w. set in EU for cultivated mushrooms. The fruiting bodies of king bolete usually are also relatively rich in mercury at concentration much greater when compared to tolerance limit set earlier in Poland (in EU there is no tolerance limit for mercury in mushrooms).

In the case of cadmium it can be agreed, that this element content of pooled samples of the fruiting bodies of king bolete collected from unpolluted regions usually will not exceed a value of 20 mg/kg d.m., while at polluted areas will exceed a value of 20 mg/kg d.m. In the case of mercury it can be agreed, that this element content of pooled samples of the fruiting bodies of king bolete collected from unpolluted regions usually will not exceed a value of 5 mg/kg d.m., while at polluted areas will exceed a value of 5 mg/kg d.m. In the case of lead it can be agreed, that this element content of some percent of pooled samples of the fruiting bodies of king bolete collected from unpolluted regions will sometimes exceed an actual the EU tolerance limit of 0.3 mg/kg w.w. as set only or cultivated mushrooms. In the case of arsenic it can be agreed, that total arsenic content of some percent of pooled samples of the fruiting bodies of king bolete collected from unpolluted regions will exceed value of 0.50 mg/kg d.m.

PIŚMIENNICTWO

1. Bielawski L., Falandysz J.: Cynk w jadalnych grzybach z rodziny *Boletaceae* zebranych z różnych obszarów leśnych Polski Północnej. Cynk w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne, Zeszyty Naukowe Komitetu „Człowiek i Środowisko” PAN, 2002, 33, 397-401.
2. Byrne A.R., Dermelj M., Vakselj T.: Silver accumulation by fungi. *Chemosphere*, 1979, 10, 815-821.

3. Commission regulation (EC) No 466/2001 of 8 March 2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance) (OJ L 77, 16.3.2001,p.1). Consolidated text produced by the CONSLEG system of the Office for Official Publications of the European Communities, CONSLEG: 2001R0466-05/05/2004. Office for Official Publications of the European Communities.
4. *D'Arrigo V., Santoprete G., Innocenti G.*: Contenuto in mercurio totale ed inorganico in funghi coltivati, non coltivati ed in alcuni alimenti. *Mic. Ital.*, 1984, 1, 69-75.
5. *Dolischka J., Wagner I.*: Investigation about lead and cadmium in wild growing edible mushrooms from differently polluted areas. *Recent Developments in Food Analysis*, 1982, 486-491.
6. *Dudareva NT.*: Aromatic substances of fresh and sublimation – dried mushrooms. *Priki. Biokhim. Mikrobiol.* 1975, 11, 147-148.
7. *Falandysz J., Lipka K., Kawano M., Brzostowski A., Dadej M., Jędrusiak A., Puzyn T.*: Mercury content and its bioconcentration factors in wild mushrooms at Lukta and Morąg, northeastern Poland. *J. Agric. Food. Chem.* 2003, 51, 2832-2836.
8. *Falandysz J., Kawano M., Świeczkowski A., Brzostowski A., Dadej M.*: Total mercury in Wild-grown higher mushrooms and underlying soil from Wdzydze Landscape Park, Northern Poland. *Food Chem.* 2003, 81, 21-26.
9. *Falandysz J., Kubota R., Kunito T., Bielawski L., Brzostowski A., Gucia M., Jędrusiak A., Lipka K., Tanabe S.*: Relationships between selenium and mercury in the fruiting bodies of some mushrooms growing in Poland. *J. Phys. IV France*, 2003, 107, 443-446.
10. *Falandysz J., Gucia M., Brzostowski A., Kawano M., Bielawski L., Frankowska A., Wyrzykowska B.*: Content and bioconcentration of mercury in mushrooms from northern Poland. *Food Addit. Contam.* 2003, 20, 3, 247-253.
11. *Falandysz J., Lipka K., Gucia M., Kawano M., Strumnik K., Kannan K.*: Accumulation factors of mercury in mushrooms from Zaborski Landscape Park, Poland. *Environ. Intern.* 2002, 28, 421-427.
12. *Falandysz J., Gucia M., Frankowska A., Kawano M., Skwarzec B.*: Total mercury in wild mushrooms and underlying soil substrate from the city of Umea and its surroundings. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 2001, 67, 763-770.
13. *Falandysz J., Bielawski L.*: Mercury content of wild edible mushrooms collected near the town of Augustów. *Polish J. Environ. Stud.* 2001, 10, 1, 67-71.
14. *Falandysz J., Monkiewicz E., Klawikowska K., Gucia M.*: Total mercury concentrations of edible mushrooms of the Borecka Forest and the adjacent area. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2001, 10/51, 1, 53-58.
15. *Falandysz J., Szymczyk K., Ichihasi H., Bielawski L., Gucia M., Frankowska A., Yamasaki S.*: ICP/MS and ICP/AES elemental analysis (38 elements) of edible wild mushrooms growing in Poland. *Food Addit. Contam.* 2001, 18, 6, 503-513.
16. *Falandysz J., Frankowska A., Gucia A., Piszczek M., Malinowska E., Bielawski L., Lipka K., Brzostowski A., Apanasewicz D., Strumnik K.*: Kadm w grzybach wielkoowocnikowych z wybranych stanowisk w Polsce. Kadm w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne, *Zeszyty Naukowe Komitetu „Człowiek i Środowisko” PAN*, 2000, 26, 285-291.
17. *Falandysz J., Lipka K., Danisiewicz D., Frankowska A., Apanasewicz D., Żurańska B.*: Zawartość rtęci w grzybach jadalnych na terenie gmin Morąg i Lukta. *Roczn. PZH*, 2000, 51, 4, 345-351.
18. *Falandysz J., Kryszewski K.*: Rtęć w grzybach i substracie spod grzybów z okolic Polanowic w gminie Gubin, województwo zielonogórskie. *Roczn. PZH*, 1996, 47, 4, 377-388.
19. *Falandysz J., Danisiewicz D., Bona H.*: Metale w grzybach na terenie Borów Tucholskich i Lasów Kaszubskich. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1994, 27, 2, 129-134.
20. *Gasó M.I., Segovia N., Morton O., Cervantes M.L., Godínez L., Peña P., Acosta E.*: 137 Cs and relationships with major and trace elements in edible mushrooms from Mexico. *Sci. Total Environ.* 2000, 262, 73-89.

21. Grzybek J., Janczy B.: Ilościowe oznaczanie zawartości ołowiu, kadmu i niklu za pomocą spektroskopii absorpcji atomowej w suchych owocnikach grzybów wielkoowocnikowych w Polsce. I. Acta Mykologica, 1990, 26, 2, 17-23.
22. Gumińska B., Wojewoda W.: Grzyby i ich oznaczanie. PWRiL, Warszawa, 1985.
23. Hall IR., Lyon AJE, Wang Y., Sinclair L.: Ectomycorrhizal fungi with edible fruiting bodies. 2. *Boletus edulis*. Economic Botany, 1998, 52, 44-56.
24. Kalač P., Nižnanská M., Bevilacqua D., Stašková I.: Concentrations of mercury, copper, cadmium and lead in fruiting bodies of edible mushrooms in the vicinity of a mercury and copper smelter. Sci. Total Environ. 1996, 177, 251-258.
25. Kalač P., Burda J., Stašková I.: Concentrations of lead, cadmium, mercury and copper in mushrooms in the vicinity of a lead smelter. Sci. Total Environ. 1991, 105, 109-119.
26. Kalač P., Wittingerová M., Stašková I., Šimák M., Bastl J.: Obsah rtuti, olova a kadmia v houbách. Čs. Hyg., 1989, 34, 10, 568-576.
27. Kalač P., Wittingerová M., Stašková I.: Obsah sedmi biogenních stopových prvků v jedlých houbách. Potravinářské Vedy, 1989, 7, 2, 131-136.
28. Kojo M.-R., Lodenius M.: Cadmium and mercury in macrofungi – mechanisms of transport and accumulation. Angew. Botanik, 1989, 63, 279-292.
29. Krelowska-Kulas M., Poppek S.: Zawartość kadmu w wybranych grzybach pochodzących z Polski południowej. Kadm w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne, Zeszyty Naukowe Komitetu „Człowiek i środowisko” PAN, 2000, 26, 281-284.
30. Kuusi T., Laaksovirta K., Liukkonen-Lilja H., Lodenius M., Piepponen S.: Lead, cadmium and mercury contents of fungi in the Helsinki area and in unpolluted control areas. Z Lebensm Unters Forsch, 1981, 173, 261-267.
31. Laaksovirta K., Alakujala P.: Lead, cadmium and zinc contents of fungi in the parks of Helsinki. Ann. Bot. Fennici., 1978, 15, 253-257.
32. Laaksovirta K., Lodenius M.: Mercury content of fungi in Helsinki. Ann. Bot. Fennici., 1979, 16, 208-212.
33. Lasota W., Floreczak J.: Poziom niektórych metali w grzybach. Problemy Higieny, 1980, 17, 97-108.
34. Lipka K., Falandysz J., Bielawski L., Brzostowski A., Wyrzykowska B.: Cynk i inne metale w grzybach wielkoowocnikowych zebranych z terenu Polski północnej. Cynk w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne, Zeszyty Naukowe Komitetu „Człowiek i Środowisko” PAN, 2002, 33, 391-396.
35. Liukkonen-Lilja H., Kuusi T., Laaksovirta K., Lodenius M., Piepponen S.: The effect of lead processing works on lead, cadmium and mercury contents of fungi. Z. Lebensm. Unters Forsch, 1983, 176, 120-123.
36. Lodenius M.: Mercury content of dipterous larvae feeding on macrofungi. Ann. Ent. Fenn., 1981, 47, 1, 63-64.
37. Meisch H.-U., Schmitt J., Reinle W.: Schwermetalle in höheren Pilzen. Z. Naturforsch., 1977, 32c, 172-181.
38. 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, 12, 1997-2012.
39. Mutsch F., Horak O., Kinzel H.: Spurenelemente in höheren Pilzen. Z. Pflanzenphysiol. Bd., 1979, 94, 1-10.
40. Nikkarinen M., Mertanen E.: Impact of geological origin on trace element composition of edible mushrooms. J. Food Comp. Anal., 2004, 17, 301-310.
41. Quinche J.-P.: Les teneurs en huit éléments traces de *Boletus edulis*. Mycologia Helvetica, 1983, 1, 2, 89-94.
42. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych pozio-

- mów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancji dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności. Dziennik Ustaw, 2003, 37, poz. 325 i 326.
43. Schmitt J., Meisch H.U., Reinke W.: Heavy metals in higher fungi, II. Silver. Z. Naturforsch. 1978, 33, 608-615.
 44. Seeger R.: Die verteilung des quecksilbers in den fruchtkörpern von steinpilzen und champignons. Z. Lebensm. Unters.-Forsch., 1976, 161, 115-117.
 45. Sesli E., Tüzen M.: Levels of trace elements in the fruiting bodies of macrofungi growing in the East Black Sea region of Turkey. Food Chemistry, 1999, 65, 453-460.
 46. Statkiewicz U., Gayny B.: Poziom zanieczyszczenia metalami niektórych grzybów jadalnych dziko rosnących. Roczn. PZH., 1994, 45, 1-2, 27-35.
 47. Stegnar P., Kosta L., Byrne A.R., Ravnik V.: The accumulation of mercury by, and the occurrence of methyl mercury in, some fungi. Chemosphere, 1973, 2, 57-63.
 48. Stijve T., Bourqui B.: Arsenic in edible mushrooms. Dtsch. Lebensm. Rundsch. 1991, 87, 307-310.
 49. Stijve T., Roschnik R.: Mercury and methyl mercury content of different species of fungi. Trav. Chim. Aliment. Hyg., 1974, 65, 209-220.
 50. Stijve T., Vellinga E.C., Herrmann A.: Arsenic accumulation in some higher fungi. Persoonia, 1990, 14, 2, 161-166.
 51. Šlekovec M., Irgolic K.J.: Uptake of arsenic by mushrooms from soil. Chem. Spec. Bioavailabil. 1996, 8, 67-73.
 52. Šlekovec Z., Byrne A.R., Stijve T., Goessler W., Irgolic K.J.: Arsenic compounds in higher fungi. Appl. Organom. Chem. 1997, 11, 673-682.
 53. Thomas A.F.: An analysis of the flavor of the dried mushroom, *Boletus edulis*. J. Agr. Food Chem. 1973, 21, 955-958.
 54. Tyler G.: Accumulation and exclusion of metals in *Collybia personata* and *Amanita rubescens*. Trans. Br. mycol. Soc. 1982, 79, 239-245.
 55. Varo P., Lähelma O., Nuurtamo M., Saaeri E., Koivistoinen P.: Mineral element composition of Finnish foods. Acta Agric. Scand. 1980, 22, 89-113.
 56. Vetter J.: Mineral element content of edible and poisonous macrofungi. Acta Alimentaria, 1990, 19, 1, 27-40.
 57. Wang V., Sinclair L., Hall I.R.: *Boletus edulis* sensu lato: a new record for New Zealand. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 1995, 23, 227-231.
 58. Wondratschek I., Röder U.: Monitoring of heavy metals in soils by higher fungi. Plants as bio-monitors. Indicators for heavy metals in the terrestrial environment. W.B. Markert (red.). VCH Weinheim, 1993, 345-363.