

IWONA SAS-GOLAK, KRZYSZTOF SOBIERALSKI, MAREK SIWULSKI, JOLANTA LISIECKA

*Katedra Warzywnictwa  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Dąbrowskiego 159, 60-594 Poznań  
E-mail: igolak@up.poznan.pl*

## SKŁAD, WARTOŚĆ ODŻYWCZA ORAZ WŁAŚCIWOŚCI ZDROWOTNE GRZYBÓW POZYSKIWANYCH ZE STANOWISK NATURALNYCH

### WSTĘP

Polacy, podobnie jak inni Słowianie, chętnie zbierają i spożywają grzyby leśne. Tradycja ich wykorzystania w polskiej kuchni jest długa. Przez wieki ceniono je głównie ze względu na walory smakowe i zapachowe, nie znając ich faktycznej wartości odżywczej. Szczegółowe analizy chemiczne wykazały, że skład grzybów jest niezwykle bogaty (MATTILA i współaut. 2001, MANZI i współaut. 2004, DADAKOVA i współaut. 2009). Są źródłem łatwo przyswajalnych aminokwasów, a przede wszystkim witamin z grupy B oraz wielu minerałów. Dostarczają również błonnika pokarmowego. Grzyby są cennym uzupełnieniem diety i mogą być traktowane jako żywność funkcjonalna (SOLOMON i współaut. 1999).

W ostatnich latach stwierdzono w grzybach występowanie związków aktywnych biologicznie, które mogą korzystnie wpływać na zdrowie człowieka (RAJEWSKA i BAŁASIŃSKA 2004, YANG i współaut. 2007). Należą do nich głównie polisacharydy, którym przypisywane są właściwości przeciwnowotworowe (WASSER 2002). Inna grupa związków, m.in. lowastatyna i eritadenina, przeciwdziała chorobom sercowo-naczyniowym. Chitozany i polifenole wykazują działanie immunostymulujące, przeciwcukrzycowe, przeciwbakteryj-

ne oraz przeciwutleniające (DANELL i EAKER 2006, KUKINA i współaut. 2007, TSAI i współaut. 2007, SARIKURKCU i współaut. 2008). Składniki zawarte w grzybach mają jeszcze wiele innych udokumentowanych działań (RIBEIRO i współaut. 2006, LORETO i współaut. 2008).

Aktualnie nie ma precyzyjnych danych na temat spożycia grzybów leśnych w Polsce. Przyjmuje się, że średnie roczne spożycie wynosi kilka kilogramów na osobę. W rejonach występowania dużych obszarów leśnych, spożycie przez miejscową ludność jest jednak wielokrotnie wyższe w stosunku do średniej. Szacuje się, że spożycie grzybów przez rodziny o niewielkich dochodach, zamieszkujące np. Puszcę Nadnotecką, może przekraczać nawet 30-35 kg/osobę w skali roku. Grzyby traktowane są w tych rejonach jak substytut mięsa. Są często przyrządzane, w sezonie nawet kilkakrotnie w ciągu dnia. Spożywanie tak dużych ilości grzybów dziko rosnących może być niebezpieczne dla zdrowia, ze względu na stopień skażenia owocników metalami ciężkimi. Zagrożenie dotyczy zwłaszcza dzieci, gdyż metale ciężkie, a szczególnie kadm i ołów, mogą bardzo istotnie zaburzać rozwój młodych organizmów.

### SKŁAD CHEMICZNY I WARTOŚĆ ODŻYWCZA GRZYBÓW LEŚNYCH

Do gatunków najbardziej popularnych w Polsce grzybów dziko rosnących należą bo-

rowik szlachetny (prawdziwek) *Boletus edulis*, koźlarz czerwony *Leccinum rufum* syn.

Tabela 1. Zawartość składników pokarmowych w grzybach (wg PIEKARSKIEJ i ŁOŚ-KUCZERY 1983 oraz ELMADFA i MUSKATY 2004).

Gatunek	Zawartość składników pokarmowych (g/100 g części jadalnych)		
	białko	węglowodany ogółem	tłuszcz ogółem
borowik szlachetny <i>Boletus edulis</i>	2,8-3,6	5,8-6,0	0,4-0,5
koźlarz czerwony <i>Leccinum rufum</i>	1,5	4,7	0,8
koźlarz babka <i>Leccinum scabrum</i>	3,1-3,4	6,5	0,6-0,8
maślak zwyczajny <i>Suillus luteus</i>	1,7	5,1-5,9	0,4-0,9
pieprznik jadalny <i>Cantharellus cibarius</i>	1,5-1,6	4,7-6,6	0,5-0,8
mleczej rydz <i>Lactarius deliciosus</i>	1,9	6,9	0,7

*Leccinum aurantiacum*, koźlarz babka *Leccinum scabrum*, podgrzybek brunatny *Xerocomus badius*, gąska zielonka *Tricholoma equestre*, maślak zwyczajny *Suillus luteus*, pieprznik jadalny (kurka) *Cantharellus cibarius* oraz mleczej rydz *Lactarius deliciosus*.

O wartości odżywczej poszczególnych gatunków grzybów decyduje ich skład chemiczny. Grzyby charakteryzują się wysoką zawartością wody, co powoduje, że ich wartość energetyczna jest niska, tj. ok. 50-70 kcal/100 g. Zawartość suchej masy waha się od 10,2% u maślaka do 13,4% u koźlarza (RAJEWSKA i BAŁASIŃSKA 2004). DADAKOVA i współaut. (2009) stwierdzili, że zawartość suchej masy w owocnikach podgrzybka *Xerocomus badius* wynosi od 8,8 do 15,2%.

Zawartość składników pokarmowych w grzybach dziko rosnących badało wielu autorów. Skład owocników borowika szlachetnego oznaczyli TSAI i współaut. (2008). LA GUARDIA i współaut. (2005) określili skład owocników koźlarzy *Leccinum aurantiacum* i *Leccinum scabrum*, natomiast DANELL

i EAKER (2006), owocników kurki. Główne składniki odżywcze występujące w owocnikach grzybów to białka, węglowodany, tłuszcze, w tym NNKT (Niezbędne Nienasycone Kwasy Tłuszczowe), błonnik oraz witaminy i minerały.

Białka stanowią 1,5-3,6% świeżej masy owocników (PIEKARSKA i ŁOŚ-KUCZERA 1983). DANELL i EAKER (2006) oznaczyli zawartość białka w owocnikach *Cantharellus cibarius* wynoszącą 9,9% s.m. O wartości białek pochodzących z grzybów decyduje ich bogaty zestaw aminokwasów, w tym obecność wszystkich aminokwasów egzogennych, tzn. lizyny, metioniny, tryptofanu, treoniny, waliny, leucyny, izoleucyny, histydyny i fenyloalaniny. SOBIESKA i współaut. (2006) stwierdzili występowanie w owocnikach borowika 8 aminokwasów egzogennych. Białko grzybów charakteryzuje się wysoką przyswajalnością.

Grzyby zawierają od 4,7 do 6,9% węglowodanów, w tym od 2,7 do 3,9% błonnika pokarmowego (RAJEWSKA i BAŁASIŃSKA 2004). Wśród węglowodanów znajdują się cukry

Tabela 2. Zawartość składników mineralnych w grzybach (wg PIEKARSKIEJ i ŁOŚ-KUCZERY 1983 oraz ELMADFA i MUSKATY 2004).

Gatunek	Składniki mineralne (mg/100 g części jadalnych)						
	potas	wapń	sód	fosfor	magnez	żelazo	fluor
borowik szlachetny <i>Boletus edulis</i>	84-341	3-4	6	85	12-15	1,0-1,4	0,06
koźlarz czerwony <i>Leccinum rufum</i>	314	30	+	*	9	*	0,03
koźlarz babka <i>Leccinum scabrum</i>	91-360	2-3	2	83	10	1,6-2,3	*
maślak zwyczajny <i>Suillus luteus</i>	49-190	3-25	*	*	6-9	1,3-2,	*
pieprznik jadalny <i>Cantharellus cibarius</i>	67-367	4-7	3	56	10-14	2,3-6,5	0,05
mleczej rydz <i>Lactarius deliciosus</i>	310	6	6	74	12	1,3	*

\*brak danych; + ilość śladowa

Tabela 3. Zawartość witamin w grzybach (wg PIEKARSKIEJ i ŁOŚ-KUCZERY 1983 oraz ELMADFA i MUSKATY 2004).

Gatunek	Witaminy (mg/100 g części jadalnych)						
	B1	B2	B6	PP	A	E	C
borowik szlachetny <i>Boletus edulis</i>	0,03	0,370	4,9	4,9	*	0,6	3
koźlarz babka <i>Leccinum scabrum</i>	0,1	0,431	4,9	4,79	*	*	7,9
maślak zwyczajny <i>Suillus luteus</i>	0,06	0,830	*	10,30	*	*	8-9,4
pieprznik jadalny <i>Cantharellus cibarius</i>	0,02-0,04	0,230-0,384	6,5	0,86	0,217	0,1	6-7,2
mleczał rydz <i>Lactarius deliciosus</i>	0,1	0,06	*	*	*	*	6

\*brak danych

proste, dwucukry, wielocukry oraz kompleksy cukrowo-białkowe. Szczególną rolę odgrywają polisacharydy, które wykazują silną aktywność biologiczną. Błonnik pokarmowy dzieli się na nierozpuszczalny w wodzie, który stanowi głównie chityna, oraz rozpuszczalny, w którym dominują  $\beta$ -glukany i chitosany (SADLER 2003).

Owocniki grzybów zawierają od 0,4 do 0,9% tłuszczów. Składają się na nie kwasy tłuszczowe, jedno-, dwu- oraz trójglicerydy, a także sterole i fosfolipidy. W grzybach zawarte są nienasycone kwasy tłuszczowe, w tym kwas linolenowy. Badania YILMAZ i współaut. (2006) wykazały, że 30% całkowitej zawartości tłuszczu w owocnikach borowika stanowią wielonienasycone kwasy tłuszczowe. Korzystna proporcja kwasów tłuszczowych nienasyconych do nasyconych oraz obecność kwasu linolenowego powodują, że grzyby można uznać za żywność funkcjonalną.

Zestawienie zawartości najważniejszych składników pokarmowych w kilku gatunkach grzybów dziko rosnących zamieszczono w Tabeli 1.

Grzyby są dobrym źródłem składników mineralnych (MATTILA i współaut. 2001) (Tabela 2). Zawierają znaczne ilości potasu i fosforu oraz mniejsze wapnia, magnezu i sodu. Minerale te stanowią od 56 do 70% popiołu, w tym potas ok. 45%. W owocnikach znajdują się również pierwiastki śladowe, takie jak miedź, cynk, żelazo, mangan, molibden, fluor, selen, kobalt i tytan. Różnice w zawartości składników mineralnych występują nie tylko pomiędzy gatunkami, ale również pomiędzy

poszczególnymi częściami owocnika. FALANDYSZ i współaut. (2007) stwierdzili większą zawartość następujących pierwiastków: Ag, Al, Cd, Cr, Cs, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mo, Pb, Rb, Se, V, Zn w kapeluszu niż trzonie koźlarza *Leccinum scabrum*.

W owocnikach grzybów leśnych stwierdzono znaczną ilość witamin z grupy B, zwłaszcza B6, PP, B2, B1 oraz H. Niektóre gatunki zawierają również niewielkie ilości witaminy C. Spośród witamin rozpuszczalnych w tłuszczach obecny jest ergosterol i wit. E oraz wit. A w gatunkach o zabarwieniu pomarańczowym, np. kurkach (Tabela 3).

Wartość odżywcza grzybów jest najwyższa bezpośrednio po zebraniu, dlatego powinny być spożyte w jak najkrótszym czasie. Podczas przechowywania następuje obniżenie wartości odżywczej oraz zachodzą niekorzystne zmiany organoleptyczne. Również podczas obróbki termicznej zmniejsza się zawartość niektórych składników odżywczych. Podczas gotowania część z nich przechodzi do wody albo, na skutek wysokiej temperatury, ulegają one zniszczeniu (MANZI i współaut. 2004). Najmniejsze straty w wartości odżywczej zachodzą podczas zamrażania.

Ze względu na zawartość cennych składników, warto uwzględnić grzyby w diecie nie tylko w sezonie jesiennym. Przetwory, np. grzyby suszone i marynaty, można spożywać przez cały rok. Należy jednak zaznaczyć, że grzyby są pożywieniem ciężkostrawnym i nie powinny być podawane dzieciom, osobom starszym oraz mającym problemy z przewodem pokarmowym.

#### KUMULOWANIE METALI CIĘŻKICH W GRZYBACH

Grzyby charakteryzują się wysoką zdolnością do kumulowania metali ciężkich w

owocnikach. Mogą spełniać w środowisku rolę bio wskaźników, określających stopień

skażenia gleb metalami ciężkimi (KALAC i SVOBODA 2000). Zdolność poszczególnych gatunków grzybów do akumulacji metali z podłoża wyraża współczynnik biokoncentracji (TUZEN 2003). Zdolność do kumulowania metali ciężkich przez grzyby jest cechą gatunkową, a w części zależną od środowiska (BIELAWSKI i FALANDYSZ 2008). Wykazano także, że zdolność akumulowania poszczególnych metali ciężkich, jako cecha charakterystyczna dla gatunku, może spełniać rolę taksonomiczną (KALAC i SVOBODA 2000, COCCHI i współaut. 2006).

Sposób umiejscawiania jonów metali ciężkich w owocnikach wskazuje na istotne różnicowanie pomiędzy trzonem a kapeluszem. Wyższe stężenia metali oznaczane są w kapeluszu (FALANDYSZ i współaut. 2004, MALINOWSKA i współaut. 2004), co wynika prawdopodobnie z większego zagęszczenia strzępek. U młodszych owocników stwierdza się wyższą koncentrację metali, a w miarę postępującego wzrostu masy owocnika koncentracja metali maleje (KALAC i SVOBODA 2000).

Owocniki zebrane w okolicach zanieczyszczonych miedzią, ołowiem i rtęcią (tereny pokopalniane i hut metali), charakteryzują się znacznie wyższą zawartością metali w stosunku do owocników z terenów nieskażonych (BARCAN i współaut. 1998, CARVALHO i współaut. 2005, MULLER i współaut. 2007). Stwierdzono, że tylko nieliczne gatunki grzybów nie akumulują jonów metali ciężkich w przypadku ich nadmiernych ilości w podło-

żu. Gatunki grzybów z rodzaju *Boletus* charakteryzują się stosunkowo wysoką akumulacją rtęci (5–10 mg/kg s.m.), zwłaszcza *Boletus edulis* (COCCHI i współaut. 2006). Na terenie Polski największą akumulację rtęci stwierdzono w owocnikach borowika, koźlarzy (babki i czerwonego), mniejszą natomiast w podgrzybkach, maślaku i gołąbku, a najmniejszą w krowiaku podwiniętym oraz kurce (FALANDYSZ i BIELAWSKI 2001, PODLASIŃSKI i MRÓZ 2004).

W Polsce badania nad zawartością metali ciężkich w grzybach rosnących dziko prowadzili również FALANDYSZ i BIELAWSKI (2001), FALANDYSZ i współaut. (2001, 2004), MALINOWSKA i współaut. (2004), PODLASIŃSKI i MRÓZ (2004), FALANDYSZ i FRANKOWSKA (2007), BIELAWSKI i FALANDYSZ (2008). Badano owocniki zebrane w różnych częściach kraju, np. w okolicach Koszalina, Starachowic, nadleśnictwie Lipka w Wielkopolsce, czy Puszczy Augustowskiej. Stwierdzono, że nawet owocniki grzybów pochodzące z regionów nieskażonych metalami ciężkimi, zawierały wysokie ilości rtęci, np. u *B. edulis* w zakresie 0,7–4,5 mg/kg s.m. w kapeluszach i 0,26–2,3 mg/kg s.m. w trzonach. Może to stanowić zagrożenie dla zdrowia, zwłaszcza jeśli spożycie przez miejscową ludność jest wysokie. Z powyższych powodów nie zaleca się spożywania jednorazowo więcej niż 250 g grzybów zebranych ze środowiska naturalnego. Nie należy przyrządzać więcej niż 1–2 porcje grzybowe tygodniowo.

#### ZWIĄZKI BIOLOGICZNIE AKTYWNE ZAWARTE W GRZYBACH

Właściwości lecznicze grzybów znane są od tysięcy lat. Po raz pierwszy opisał je Hipokrates ok. 400 r. p.n.e. Były używane w tradycyjnej medycynie chińskiej, japońskiej lub malezyjskiej. Na Zachodzie długo ceniono jedynie walory smakowo-zapachowe grzybów. Jednak badania naukowe zapoczątkowane w latach 60. XX w. w USA wykazały obecność w grzybach wielu związków biologicznie aktywnych (WASSER 2002, 2010). Właściwości terapeutyczne przypisuje się ok. 700 gatunkom grzybów (RESHETNIKOV i współaut. 2001). Udokumentowano przede wszystkim właściwości lecznicze grzybów uprawnych. Do najbardziej cenionych gatunków grzybów o właściwościach leczniczych należą lakownica lśniąca *Ganoderma lucidum*, twardziak jadalny *Lentinula edodes*, pieczarka brazylijska *Agaricus blazei*, wrośniak różnobarwny

*Trametes versicolor*, żagwica listkowata *Grifola frondosa*, zimówka aksamitnotrzonowa *Flammulina velutipes* i soplówka jeżowata *Hericium erinaceus* (LORETO i współaut. 2008, WASSER 2011). Główną zaletą grzybów o właściwościach leczniczych jest wysoka efektywność substancji aktywnych zawartych w owocnikach, jak również ich bezpieczeństwo dla człowieka.

Najliczniejszą grupą związków wykazujących w grzybach aktywność biologiczną są polisacharydy. Silne właściwości przeciwnowotworowe wykazują głównie (1→3)/(1→6)-β-glukany (BUSCH i współaut. 2008, MANTOVANI i współaut. 2008, SANTOS-NEVES i współaut. 2008, ZHANG i współaut. 2008, ANGELI i współaut. 2009, SANODIYA i współaut. 2009). Wynikają one nie z bezpośredniego działania cytotoksycznego, lecz silnego wzmacnia-



nia odpowiedzi immunologicznej organizmu oraz stymulowania przez  $\beta$ -glukany produkcji cytokin (MINATO 2010, RADIC i współaut. 2010). Aktywność przeciwnowotworową wykazują również zawarte w grzybach terpenoidy (WASSER i WEIS 1999, GAO i współaut. 2002, IWATSUKI i współaut. 2003, LORETO i współaut. 2008). Ważną grupą związków o właściwościach przeciwnowotworowych występujących w grzybach są lektyny (WANG i współaut. 2003, WU i współaut. 2003, ZHAO i współaut. 2003). Mechanizm ich działania polega na wywoływaniu apoptozy komórek nowotworowych (KOYAMA i współaut. 2002).

Grzyby jadalne zawierają także substancje mające znaczenie w profilaktyce chorób sercowo-naczyniowych. Grzyby są cennym źródłem lowastatyny (MATTILA i współaut. 2001). Związek ten ma zdolność hamowania enzymu odpowiedzialnego za syntezę cholesterolu, wykazując działanie hipcholesterolemiczne.

Eritadenina obecna w grzybach ma również właściwość obniżania stężenia cholesterolu we krwi oraz wątrobie (MIZUNO 1995). Kolejna grupa związków, mająca wpływ na stężenie cholesterolu, to triterpenoidy. Wykazują one również zdolność obniżania ciśnienia krwi oraz hamowania reakcji histaminowej.

Różne frakcje błonnika zawarte w grzybach, tzn. glukany, chityna i chitozany, wykazują działanie przeciwcukrzycowe, przeciwzapalne, przeciwutleniające, przeciwbakteryjne i przeciwwirusowe (WASSER i WEIS 1999, CHUN-CHAO i GUO 2011). Działanie przeciwbakteryjne polega na zmianie adhezji bakterii do podłoża (SYNOWIECKI i AL-KHATEEB 1997). Polifenole odpowiadają za aktywność antyoksydoredukcyjną ekstraktów grzybowych. Zdolności przeciwutleniające wzmagają obecność w grzybach witaminy C, aminokwasów fenolowych oraz selebniobiałek (RAJEWSKA i BAŁASIŃSKA 2004).

#### WŁAŚCIWOŚCI PROZDROWOTNE GATUNKÓW GRZYBÓW DZIKO ROSNĄCYCH

Badania, którymi objęto gatunki grzybów występujące dziko potwierdziły, że zawierają one cały szereg związków o korzystnym wpływie na zdrowie. Owocniki borowika szlachetnego, wysoko cenione ze względu na walory smakowe i zapachowe oraz wartości odżywcze, zawierają również wiele związków o działaniu prozdrowotnym. Właściwości lecznicze borowika po raz pierwszy udokumentował LUCAS (1957). Wykazał on skuteczność ekstraktu z *B. edulis* przeciwko komórkom mięsaka u myszy. Wielu autorów stwierdziło występowanie w owocnikach borowika substancji wykazujących charakter przeciwutleniaczy. YANG i współaut. (2007) wyizolowali z *B. edulis* trzy nowe związki fenolowe wykazujące aktywność biologiczną. TSAI i współaut. (2007) wykazali antyoksydacyjne właściwości etanolowych i w mniejszym stopniu wodnych wyciągów z borowika. SARIKURKCU i współaut. (2008) stwierdzili wysoką aktywność antyoksydacyjną metanolowego wyciągu z owocników borowika, wynikającą z zawartości fenoli i flawonoidów.

Wśród gatunków dziko rosnących, właściwości antyoksydacyjne stwierdzono również u koźlarza. KUKINA i współaut. (2007) określili, że zawartość polifenoli w owocnikach *Leccinum aurantiacum* wynosiła 0,0003% s.m. Aktywność antyoksydacyjną wykazuje także ekstrakt z owocników maślaka (SARIKURKCU 2008). RIBEIRO i współaut. (2006) stwierdzili występowanie w owocnikach *Suillus luteus* kwercetyny, związku będącego silnym przeciwutleniaczem. VALENTÃO i współaut. (2005) wykazali obecność w owocnikach pieprznika 6 związków fenolowych odpowiedzialnych za właściwości przeciwutleniające oraz 5 kwasów organicznych. BARROS i współaut. (2008) stwierdzili w owocnikach pieprznika zawartość związków aktywnych takich jak: fenole, flawonoidy, kwas askorbinowy, beta-karoten oraz likopen. Autorzy wykazali również silną aktywność antybakteryjną owocników kurki przeciwko *B. cereus*, *B. subtilis* i *S. aureus*.

#### SKŁAD, WARTOŚĆ ODŻYWCZA ORAZ WŁAŚCIWOŚCI ZDROWOTNE GRZYBÓW POZYSKIWANYCH ZE STANOWISK NATURALNYCH

##### Streszczenie

Grzyby dziko rosnące są powszechnie dostępne w Polsce. Mogą być cennym uzupełnieniem diety ze względu na zawartość łatwo przyswajalnych amino-

kwasów, minerałów, witamin i błonnika. Wiele gatunków zawiera również substancje biologicznie aktywne, mające zastosowanie w przeciwdziałaniu i le-

czeniu chorób cywilizacyjnych, w tym nowotworów i chorób serca. Związki czynne zawarte w owocnikach mają zdolność obniżania poziomu cukru i cholesterolu we krwi oraz wykazują działanie przeciwpalne, antibakteryjne, antywirusowe i antyoksydacyjne. Pewnym zagrożeniem, wynikającym ze spożycia grzybów, może być zawartość w owocnikach metali

ciężkich, spowodowana ich wysoką bioakumulacją. Dlatego istotne jest, aby nie zbierać grzybów w miejscach skażonych oraz przestrzegać dopuszczalnych ilości ich jednorazowego spożycia. Z pewnymi ograniczeniami, dotyczącymi określonych grup ludności, grzyby mogą być rekomendowane jako żywność prozdrowotna.

## COMPOSITION, NUTRITIONAL VALUE AND MEDICINAL PROPERTIES OF WILD MUSHROOMS

### Summary

Wild mushrooms are widely available in Polish forests. They can be a valuable supplement to the diet because of the content of easily digestible amino acids, minerals, vitamins and fiber. Many species also contain biologically active substances, useful in the prevention and treatment of serious diseases, including cancer and heart diseases. Active compounds contained in the carpophores have the ability to lower blood sugar and blood cholesterol, and exhibit anti-inflammatory, antibacterial, antiviral and

antioxidant properties. Some danger connected with the consumption of wild mushrooms, is the content of heavy metals in the carpophores, due to their high bioaccumulation. Therefore it is important not to collect mushrooms from polluted areas, and not to exceed the permitted amount of their consumption. Wild mushrooms can be recommended as a functional food with certain limitations relating to specific groups of population.

### LITERATURA

- ANGELI J. P. F., RIBEIRO L. R., BELLINI M. F., MANTOVANI M. S., 2009.  $\beta$ -glucan extracted from the medicinal mushroom *Agaricus blazei* prevents the genotoxic effects of benzo[a]pyrene in the human hepatoma cell line HepG2. *Arch. Toxicol* 83, 81-86.
- BARCAN V. SH., KOVNATSKY E. F., SMETANNIKOVA M. S., 1998. Absorption of heavy metals in wild berries and edible mushrooms in an area affected by smelter emissions. *Water Air Soil Pollut.* 103, 173-195.
- BARROS L., VENTURINI B. A., BAPTISTA P., ESTEVINHO L. M., FERREIRA I. C. F. R., 2008. *Chemical composition and biological properties of portuguese wild mushrooms, a comprehensive study.* *J. Agric. Food Chem.* 56, 3856-3862.
- BIELAWSKI L., FALANDYSZ J., 2008. Wybrane pierwiastki w owocnikach koźlarza babki (*Leccinum scabrum*) z okolic miasta Starachowice. *Bromat. Chem. Toksyk.* 41, 47-52.
- BUSCH E., VON REKOWSKI R. W., MOLLEKEN H., 2008. Speisepilze mit medizinisch wirksamen Inhaltsstoffen. *Zeitsch. Phytotherap.* 28, 115-124.
- CARVALHO M. L., PIMENTEL A. C., FERNANDES B., 2005. Study of heavy metals in wild edible mushrooms under different pollution conditions by X-ray fluorescence spectrometry. *Anal. Sci.* 21, 747-750.
- CHUNCHAO H., GUO J.-Y., 2011. A hypothesis, supplementation with mushroom-derived active compound modulates immunity and increases survival in response to influenza virus (H1N1) infection. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, Article ID 252501, 1-3. doi, 10.1093/ecam/neq037.
- COCCHI L., VESCOVI L., PETRINI L. E., PETRINI O., 2006. Heavy metals in edible mushrooms in Italy. *Food Chem.* 98, 277-284.
- DADAKOVA E., PELIKANOVA T., KALC P., 2009. Content of biogenic amines and polyamines in some species of European wild-growing edible mushrooms. *Eur. Food Res. Technol.* 230, 163-171.
- DANELL E., EAKER D., 2006. Amino acid and total protein content of the edible mushroom *Cantharellus cibarius* (Fries). *J. Sci. Food Agric.* 60, 333-337.
- ELMADFA I., MUSKAT E., 2004. *Wielkie tabele kalorii i wartości odżywczych.* Muza S.A., Warszawa.
- FALANDYSZ J., BIELAWSKI L., 2001. Mercury content of wild edible mushrooms collected near the town of Augustow. *Polish J. Environ. Studies* 10, 67-71.
- FALANDYSZ J., FRANKOWSKA A., 2007. Niektóre pierwiastki i ich współczynniki biokoncentracji w borowiku szlachetnym (*Boletus edulis*) z Puszczy Świętokrzyskiej. *Bromat. Chem. Toksykol.* 40, 257-260.
- FALANDYSZ J., SZYMCZYK K., ICHIHASHI H., BIELAWSKI L., GUCIA M., FRANKOWSKA A., YAMASAKI S.-I., 2001. ICP/MS and ICP/AES element al analysis (38 elements) of edible Wild mushrooms growing in Poland. *Food Addit. Contamin.* 18, 503-513.
- FALANDYSZ J., JĘDRUSIAK A., LIPKA K., KANNAN K., KAWANO M., GUCIA M., BRZOSTOWSKI A., DADEJ M., 2004. Mercury in wild mushrooms and underlying soil substrate from Koszalin, North-central Poland. *Chemosphere* 54, 461-466.
- FALANDYSZ J., KUNITO T., KUBOTA R., BIELAWSKI L., MAZUR A., FALANDYSZ J. J., TANABE S., 2007. Selected elements in brown birch scaber stalk *Leccinum scabrum*. *J. Environ. Sci. Health Part A* 42, 2081-2088.
- GAO J. J., MIN B. S., AHN E. M., NAKAMURA N., LEE H. K., HATTORI M., 2002. New triterpene aldehyde, lucialdehydes A-C, from *Ganoderma lucidum* and their cytotoxicity against murine and human tumor cells. *Chem. Pharm. Bull. (Tokyo)* 50, 837-840.
- IWATSUKI K., AKIHISA T., TOKUDA H., UKIYA M., OSHIKUBO M., KIMURA Y., ASANO T., NISHINO H., 2003. Lucidinic acids P and Q, Methyl lucidenate P, and other triterpenoides from the fungus *Ganoderma lucidum* and their inhibitory effects on epstein-barr virus activation. *J. Nat. Prod* 66, 1552-1585.
- KALAC P., SVOBODA L., 2000. A review of trace element concentrations in edible mushrooms. *Food Chem.* 69, 273-281.

- KOYAMA Y., KATSUNO Y., MIYOSHI N., HAYAKAWA S., MITA T., MUTO H., ISEMURA S., AOYAGI Y., ISEMURA M., 2002. *Apoptosis induction by lectin isolated from the mushroom Boletopsis leucomelas on U937 cells*. Biosci. Biotechnol. Biochem. 66, 784-789.
- KUKINA T. P., GORBUNOWA N. A., BAIANBINA. N. N., 2007. *Polifenoli niekotorych gomobazidialnych grzybów (Homobasidiomycetidae)*. *Chimia rastitel'nogo Syria* 3, 33-38.
- LA GUARDIA M., VENTURELLA G., VENTURELLA F., 2005. *On the chemical composition and nutritional value of Pleurotus taxa growing on umbelliferous plants (Apiaceae)*. J. Agric. Food Chem. 53, 5997-6002.
- LORETO R. H., GONZALEZ-FRANCO A. C., SOT-PARRA J. M., MONTES-DOMINGUEZ R., 2008. *Review of agricultural and medicinal application of basidiomycete mushrooms*. *Tecnociencia Chihuahua* 2, 95-107.
- LUCAS E. H., 1957. *Tumor inhibitors in Boletus edulis and other Holobasidiomycete*. *Antibiot. Chemiother.* 7, 1-4.
- MALINOWSKA E., SZEFER P., FALANDYSZ J., 2004. *Metals bioaccumulation by bay bolet, Xerocomus badius, from selected sites in Poland*. *Food Chem.* 84, 405-416.
- MANTOVANI M. S., BELLINI M. F., ANGELI J. P. F., OLIVEIRA R. J., SILVA A. F., RIBEIRO L. R., 2008.  *$\beta$ -glucans in promoting health, prevention against mutation and cancer*. *Mutation Res.* 658, 154-161.
- MANZI P., MARCONI S., AGUZZI A., PIZZO-FERRATO L., 2004. *Commercial mushrooms, nutritional quality and effect of cooking*. *Food Chem.* 84, 201-206.
- MATTILA P., KÖNKÖ K., EUROLA M., PIHLAVA J. A., ASTOLA J., VAHTEISTO L., HIERANIEMI V., KUMPULAINEN J., VALTONEN M., PIRONEN V., 2001. *Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms*. *J. Agric. Food Chem.* 49, 2343-2348.
- MINATO K., 2010. *Mushrooms, Immunomodulating activity and role in health promotion*. *Nutrit. Health* 5, 529-539.
- MIZUNO T., 1995. *Bioactive molecules of mushrooms, food function and medicinal effect of mushroom fungi*. *Food Rev. Intern.* 11, 7-21.
- MULLER L. A. H., VANGRONVELD J., COLPAERT J. V., 2007. *Genetic structure of Suillus luteus populations in heavy metal polluted and nonpolluted habitats*. *Mol. Ecol.* 16, 4728-4737.
- PIEKARSKA J., ŁOŚ-KUCZERA M., 1983. *Skład i wartość odżywcza produktów spożywczych*. PZWL, Warszawa.
- PODLASIŃSKI J., MRÓZ M., 2004. *Zawartość rtęci w grzybach z terenu gminy Lipki*. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna* 11, 771-774.
- RADIC N., JEVIKAR Z., OBERMAJER N., KRISTL J., KOS J., POHLEVEN F., STRUKELJ B., 2010. *Influence of culinary-medicinal maitake mushroom, Grifola frondosa (Dicks,Fr.) S.F. Gray (Aphyllophoromycetidae) polysaccharides on gene expression in Jurkat T-lymphocytes*. *Int. J. Med. Mushrooms* 12, 245-256.
- RAJEWSKA J., BAŁASIŃSKA B., 2004. *Związki biologicznie aktywne zawarte w grzybach jadalnych i ich korzystny wpływ na zdrowie*. *Postępy Hig. Med. Dośw.* 58, 352-357.
- RESHETNIKOV S.V., WASSER S.P., TAN K.K., 2001. *Higher Basidiomycota as a source of antitumor and immunostimulating polysaccharides*. *Int. J. Med. Mushrooms* 3, 361-394.
- RIBEIRO B., RANGEL J., VALENTAO P., BAPTISTA P., SEABRA R. M., ANDRADE P. B., 2006. *Contents of carboxylic acids and two phenolics and antioxidant activity of dried Portuguese wild edible mushrooms*. *J. Agric. Food Chem.* 54, 8530-8537.
- SADLER M., 2003. *Nutritional properties of edible fungi*. *Br. Nutrit. Foundation Bull.* 28, 305-308.
- SANODIYA B. S., THAKUR G. S., BAGHEL R. K., PRASAD G. B. K. S., BISEN P. S., 2009. *Ganoderma lucidum, a potent pharmacological macrofungus*. *Curr. Pharmaceut. Biotechnol.* 10, 717-742.
- SANTOS-NEVES J. C., PEREIRA M. I., CARBONERO E. R., GRACHER A. H. P., GORIN P. A. J., SASSAKI G. L., IACOMINI M., 2008. *A gel-forming  $\beta$ -glucan isolated from the fruit bodies of the edible mushroom Pleurotus florida*. *Carbohydr. Res.* 343, 1456-1462.
- SARIKURKCU C., TEPEAND B., YAMAC M., 2008. *Evaluation of the antioxidant activity of four edible mushrooms from the Central Anatolia, Eskisehir - Turkey, Lactarius deterrimus, Suillus colitinus, Boletus edulis, Xerocomus chrysenteron*. *Bioresource Technol.* 99, 6651-6655.
- SOBIESKA R., GUTKOWSKA B., LUBIŃSKI O., 2006. *Praktyczne możliwości wykorzystania grzybów na przykładzie dwóch gatunków jadalnych, Boletus edulis (Bull) (borowik szlachetny i Morchella esculenta (Pers.) (smardz jadalny))*. *Biotechnologia* 2, 89-102.
- SOLOMON P., WASSER S. P., WEIS A., 1999. *Therapeutic effects of substances occurring in higher Basidiomycetes mushrooms, a modern perspective*. *Critical Rev. Immunol.* 19, 65-96.
- SYNOWIECKI J., AL-KHATEEB N. A., 1997. *Mycelia of Mucor rouxii as a source of chitin and chitosan*. *Food Chem.* 60, 605-610.
- TSAI S.-Y., TSAI H.-L., MAU J.-L., 2007. *Antioxidant properties of Agaricus blazei, Agrocybe cylindracea and Boletus edulis*. *LWT* 40, 1392-1402.
- TSAI S.-Y., TSAI H.-L., MAU J.-L., 2008. *Non-volatile taste components of Agaricus blazei, Agrocybe cylindracea and Boletus edulis*. *Food Chem.* 107, 977-983.
- TUZEN M., 2003. *Determination of heavy metals in soil, mushrooms and plant samples by atomic absorption spectrometry*. *Microchem. J.* 74, 289-297.
- VALENTÃO P., ANDRADE P. B., RANGEL J., RIBEIRO B., SILVA B. M., BAPTISTA P., SEABRA R. M., 2005. *Effect of the Conservation Procedure on the Contents of Phenolic Compounds and Organic Acids in Chanterelle (Cantharellus cibarius) Mushroom*. *J. Agric. Food Chem.* 53, 4925-4931.
- WANG H., NG T.B., LUI Q., 2003. *A novel lectin from the wild mushroom Polyporus adusta*. *Biochem. Biophysic. Res. Commun.* 3017, 335-339.
- WASSER S. P., 2002. *Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 3, 258-274.
- WASSER S. P., 2010. *Medicinal mushroom science, history, current status, future trends, and unsolved problems*. *Int. J. Med. Mushrooms* 12, 1-16.
- WASSER S. P., 2011. *Current finding, future trends, and unsolved problems in studies of medicinal mushrooms*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 89, 1323-1332.
- WASSER S. P., WEIS A. L., 1999. *Medicinal properties of substances occurring in Higher Basidiomycetes Mushrooms: current perspectives (Review)*. *Int. J. Med. Mushrooms* 1, 31-62.
- WU A. M., WU J. H., HERP A., LIU J. H., 2003. *Effect of polyvalencies of glycotopes on the binding of a lectin from edible mushroom, Agaricus bisporus*. *Biochem. J.* 371, 311-320.
- YANG W.-Q., QIN X.-D., SHAO H.-J., FANG L.-Z., WANG F., DING Z.-H., DONG Z.-J., LIU J.-K., 2007. *New phenyl-ethanediols from the culture broth of Boletus edulis*. *J. Basic Microbiol.* 47, 191-193.

- YILMAZ N., SOLMAZ M., TURKEKUL I., ELMASTAS M., 2006. *Fatty acid composition in some wild edible mushrooms growing in the middle Black Sea region of Turkey*. Food Chem. 99, 168–174.
- ZHANG Y., XU X., ZHANG L., 2008. *Gel formation and low-temperature intramolecular conformation transition of a triple-helical polysaccharide lentinan in water*. Biopolymers 89, 852–861.
- ZHAO C., SUN H., TONG X., QI Y., 2003. *An antitumor lectin from the edible mushroom Agrocybe aegerita*. Biochem. J. 374, 321–327.