

MAREK SIWULSKI, KRZYSZTOF SOBIERALSKI, IWONA SAS-GOLAK

WARTOŚĆ ODŻYWCZA I PROZDROWOTNA GRZYBÓW

Streszczenie

Wartość odżywcza grzybów wynika z zawartości w nich białek o dużej przyswajalności, polisacharydów, niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, a także składników mineralnych oraz witamin. Wiele gatunków uprawnych oraz dziko rosnących wykazuje również właściwości prozdrowotne. Związane są one z obecnością składników bioaktywnych, głównie polisacharydów, triterpenoidów oraz związków fenolowych. Udokumentowano działanie immunostymulujące, antybakteryjne, antywirusowe, przeciwzapalne, przeciwnowotworowe, przeciwcukrzycowe oraz przeciwalergiczne różnych gatunków grzybów. Substancje pozyskiwane z grzybów mają również zdolność obniżania poziomu cholesterolu i triacylogliceroli we krwi, normalizują ciśnienie, a także działają ochronnie na wątrobę. Obecnie grzyby uznawane są za żywność funkcjonalną. Pozytywny wpływ na zdrowie można uzyskać poprzez bezpośrednie spożywanie owocników lub stosowanie suplementów diety w postaci preparatów zawierających ekstrakty grzybowe.

Słowa kluczowe: grzyby dziko rosnące, grzyby uprawne, składniki odżywcze, substancje bioaktywne, żywność funkcjonalna

Wprowadzenie

Grzyby ceniono głównie za smak i aromat, wykorzystywano również w medycynie ludowej [88]. Jednak świadomość, że grzyby są żywnością prozdrowotną, zawierającą wiele substancji bioaktywnych, jest stosunkowo nowa [93]. Publikacje naukowe poświęcone wartości odżywczej i właściwościom prozdrowotnym grzybów pochodzą głównie z ostatniego dwudziestolecia [19, 25]. Obecnie grzyby uznawane są za żywność funkcjonalną, gdyż wykazują udokumentowany korzystny wpływ na zdrowie człowieka [1, 63].

Do królestwa *Fungi* zaliczanych jest około 14 000 gatunków grzybów wielkoowocnikowych [42], spośród których co najmniej 2 000 to gatunki jadalne [11]. Szacuje się, że na świecie występuje obecnie 150 000 gatunków grzybów wyższych, z których

Dr hab. M. Siwulski, prof. nadzw., dr hab. K. Sobieralski, mgr inż. I. Sas-Golak, Katedra Warzywnictwa, Wydz. Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Dąbrowskiego 159, 60-594 Poznań. Kontakt: fungus@up.poznan.pl

opisano mniej niż 10 %. Około 700 gatunków grzybów wykazuje właściwości prozdrowotne [66]. Około 200 gatunków grzybów pozyskiwanych jest ze stanowisk naturalnych, głównie w krajach Dalekiego Wschodu i wykorzystywanych do celów kulinarnych oraz leczniczych [70]. W Europie grzyby są zbierane najczęściej przez narody słowiańskie [38].

Uprawa grzybów ma wielowiekową tradycję w krajach azjatyckich, głównie w Chinach. W Europie uprawa pieczarki została zapoczątkowana w pierwszej połowie XVII w. we Francji. Obecnie uprawianych jest około 35 gatunków grzybów, z czego 20 na skalę przemysłową. Do głównych gatunków uprawnych należy pieczarka dwuzarodnikowa (*Agaricus bisporus*), twarząk jadalny (*Lentinula edodes*), bocznik (*Pleurotus* spp.), uszak bżowy (*Auricularia auricula*), zimówka aksamitnotrzonowa (*Flammulina velutipes*) oraz pochwiak pochwiasty (*Volvariella volvacea*). Największym producentem grzybów na świecie są Chiny, gdzie produkcja w 2007 roku wyniosła 1,6 mln ton [24].

Celem pracy była charakterystyka wartości odżywczej grzybów, ze szczególnym uwzględnieniem substancji bioaktywnych decydujących o właściwościach prozdrowotnych poszczególnych gatunków, na podstawie wyników najnowszych badań naukowych.

Wartość odżywcza grzybów

Wartość odżywcza grzybów wynika z występowania w owocnikach białek, sacharydów, kwasów tłuszczowych, witamin i składników mineralnych oraz błonnika pokarmowego [5, 61, 62]. Zawartość białka w grzybach jest duża i zależna od gatunku oraz stadium rozwoju owocnika [2]. Powszechnie spożywane gatunki zawierają ok. 1,5 - 3,6 % białka w św.m., co odpowiada 10 - 40 % w przeliczeniu na suchą masę [5]. Białko grzybów charakteryzuje się dobrą przyswajalnością, sięgającą 90 %. Niektóre gatunki występujące dziko, np. borowik szlachetny (*Boletus edulis*) oraz kozłarz czerwony (*Leccinum rufum*), przewyższają zawartością białka gatunki uprawne, takie jak pieczarka dwuzarodnikowa i bocznik ostrygowaty (*P. ostreatus*) [39, 62].

O wartości białek pochodzących z grzybów decyduje zestaw aminokwasów, w tym obecność wszystkich aminokwasów egzogennych tj. lizyny, metioniny, tryptofanu, treoniny, waliny, leucyny, izoleucyny, i fenyloalaniny oraz względnie egzogennej histydyny [6, 9, 10]. Zawartość w grzybach takich aminokwasów, jak: treonina, arginina i tyrozyna jest wyższa niż w warzywach, takich jak kalafior i marchew [53].

Owocniki grzybów zawierają 4,7 - 6,9 % sacharydów ogółem (około 50 % s. m.), z czego 2,7 - 3,9 % stanowi błonnik pokarmowy [62]. Najczęściej występują monosacharydy, disacharydy, polisacharydy oraz kompleksy polisacharydowo-białkowe. Szczególna rola przypisywana jest polisacharydom, które wykazują silną aktywność biologiczną. W skład błonnika pokarmowego wchodzi włókna nierozpuszczalne

w wodzie, w tym chityna, celuloza i ligniny oraz włókna rozpuszczalne w wodzie, głównie β -glukany [50].

Zawartość kwasów tłuszczowych w owocnikach grzybów jest niewielka i wynosi 2 - 8 % s.m. Korzystny jest jednak stosunek kwasów tłuszczowych wielonienasyconych do kwasów nasyconych. Około 75 % całkowitej zawartości kwasów tłuszczowych stanowią niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, wśród których największe znaczenie mają kwasy oleinowy i linolenowy. Głównym kwasem tłuszczowym nasyconym jest kwas palmitynowy [67].

Grzyby są dobrym źródłem składników mineralnych, głównie potasu, fosforu, wapnia i magnezu [52, 64]. Szczególnie zasobnym w wapń gatunkiem jest twardziak jadalny. W owocnikach różnych gatunków grzybów stwierdzono również obecność pierwiastków śladowych, takich jak: miedź, cynk, żelazo, mangan, molibden i selen. Grzyby z rodzaju bocznika przewyższają pod względem zawartości miedzi inne gatunki uprawne. Spośród gatunków występujących dziko największą zawartością potasu charakteryzują się: borowik szlachetny, koźlarz babka (*L. scabrum*) oraz pieprznik jadalny (*Cantharellus cibarius*) [5].

Grzyby stanowią dobre źródło wielu witamin, zwłaszcza ryboflawiny (B_2), niacyny (B_3) i folacyny (B_9). Zawartość witaminy B_2 w grzybach jest większa niż w warzywach. Ponadto grzyby zawierają niewielkie ilości witaminy C, B_1 , a także śladowe ilości witaminy B_{12} , D_2 oraz E [31, 65]. Niektóre gatunki o zabarwieniu pomarańczowym, np. pieprznik jadalny, są źródłem prowitaminy A [52]. Spośród gatunków uprawnych szczególnie zasobna w witaminy z grupy B jest pieczarka dwuzarodnikowa, bocznik ostrygowaty, zimówka aksamitnotrzonowa i twardziak jadalny [27]. Wśród gatunków dziko rosnących dużą zawartością witamin wyróżnia się maślak zwyczajny (*Suillus luteus*) [72].

Grzyby jako źródło substancji bioaktywnych

Najliczniejszą grupę związków zawartych w ścianie komórkowej grzybów stanowią polisacharydy oraz kompleksy białkowo-cukrowe. Pozostałe biologicznie aktywne substancje występujące w grzybach dzielą się na związki o wysokiej masie cząsteczkowej, głównie ligniny oraz o niskiej masie cząsteczkowej, w tym triterpenoidy i fenole [16].

Polisacharydom zawartym w ścianie komórkowej grzybów przypisuje się działania prozdrowotne, w tym immunostymulujące, przeciwnowotworowe, hipoglikemiczne i antyoksydacyjne [59, 77, 88, 94]. Mechanizm działania tych związków nie jest w pełni poznany. Polisacharydy to bardzo liczna grupa związków, w której szczególne miejsce zajmują β -glukany. Lakownica lśniaca (*Ganoderma lucidum*) jest wyjątkowo zasobna w polisacharydy, które stanowią od 10 do 50 % s.m. owocników [74]. Z tego gatunku wyizolowano ponad 200 różnych polisacharydów [89]. Liczne badania wska-

zują na obecność β -glukanów także w innych gatunkach grzybów, np. w borowiku szlachetnym [51].

β -glukany zawarte w grzybach różnią się budową, rozpuszczalnością w wodzie, wielkością cząsteczki i masą cząsteczkową. Wymienione cechy powodują, że poszczególne β -glukany różnią się działaniem prozdrowotnym [14]. Jak podaje Wasser [88], najsilniejszy efekt prozdrowotny wywołują β -glukany o większej masie cząsteczkowej. Do najważniejszych polisacharydów pochodzenia grzybowego należą: lentinan wyizolowany z twardziaka jadalnego, pleuran (bocznik ostrygowaty), schizofilan (rozszczepka pospolita *Schizophyllum commune*), skleroglukan (grzyby z rodzaju *Sclerotium*) i grifolan (żagwica listkowata *Grifola frondosa*). Do kompleksów polisacharydowo-białkowych zaliczany jest krestin, wyekstrahowany z wrośniaka różnobarwnego (*Coriolus versicolor*) oraz ganoderan (lakownica lśniąca) [90].

Bardzo ważną grupą substancji aktywnych pochodzenia grzybowego są triterpenoidy. Stwierdzono, że wykazują one działanie przeciwko wirusowi HIV1 oraz wirusowi opryszczki [57]. Inne badania potwierdziły zdolność triterpenoidów do hamowania syntezy cholesterolu, obniżania ciśnienia krwi oraz zmniejszania agregacji płytek krwi, przez co wpływają na zmniejszenie ryzyka chorób sercowo-naczyniowych [8]. Bogatym źródłem tych związków jest lakownica lśniąca, z której wyizolowano ponad 120 różnych terpenoidów, m.in. kwas ganodermy, kwas ganodermadowy, ganodermediol [47]. Triterpenoidy z lakownicy lśniącej hamują bezpośrednio wzrost komórek rakowych i zmniejszają ich inwazyjność [75].

Związki fenolowe zawarte w owocnikach grzybów decydują o ich właściwościach antyoksydacyjnych. Kwasy fenolowe, w tym hydroksybenzoesowy, protokatechinowy i kawowy wyizolowano z pieczarki dwuzarodnikowej i twardziaka jadalnego [52]. Ekstrakty z różnych gatunków grzybów, m.in. zimówki aksamitnotrzonowej, żagwicy listkowej, sopłówki jeżowatej, twardziaka jadalnego oraz bocznika ostrygowatego są bogate w związki fenolowe o silnej aktywności przeciwutleniającej [15, 22]. Związki fenolowe zawarte w grzybach wykazują również działanie przeciwzapalne i przeciwnowotworowe [60].

Do biologicznie aktywnych związków o wysokiej masie cząsteczkowej należą lektyny, czyli połączenia białkowo-cukrowe. Mają one zdolność wpływania na układ immunologiczny człowieka poprzez stymulowanie dojrzewania komórek odpornościowych [46].

Prozdrowotne działanie grzybów

W wielu ośrodkach naukowych prowadzono badania dotyczące właściwości prozdrowotnych zarówno uprawnych, jak i dzikich gatunków grzybów [30, 85]. Opisano szczegółowo ich działanie przeciwnowotworowe, immunostymulujące, przeciwoksydacyjne, ochronne dla serca i naczyń, obniżające poziom cholesterolu we krwi,

przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, przeciwcukrzycowe oraz ochraniające wątrobę [18, 63, 90].

Do najlepiej udokumentowanych i najbardziej obiecujących należy przeciwnowotworowe działanie grzybów. W tradycyjnej medycynie chińskiej przez długi czas do leczenia pacjentów z nowotworami stosowano jeden gatunek, maczuźnik bojowy (*Cordyceps militaria*). W medycynie ludowej wschodniej Europy już w XVI - XVII w. w terapii nowotworów wykorzystywano owocniki włóknouszka ukośnego (*Inonotus obliquus*). Antynowotworowe właściwości borowika szlachetnego potwierdzono w połowie XX w. [49]. Według Wassera [88] istnieje około 650 gatunków grzybów wyższych wykazujących potencjał przeciwnowotworowy. Thekkuttuparambil i wsp. [80] wykazali właściwości przeciwnowotworowe lakownicy lśniącej, czyrenia (*Phellinus rimosus*), bocznika florydzkiego (*P. florida*) i bocznika łyżkowatego (*P. pulmonarius*). Obecnie potwierdzono naukowo aktywność przeciwnowotworową ponad 30 gatunków grzybów leczniczych [90].

Grzyby lecznicze są nie tylko źródłem bezpośrednio działających czynników przeciwnowotworowych, lecz pełnią rolę tzw. immunomodulatorów, które stymulują układ odpornościowy człowieka do zwalczania komórek nowotworowych [19]. Aktywne substancje zawarte w grzybach pobudzają makrofagi, limfocyty T oraz komórki NK do produkcji cytokin, m.in. TNF- α , IFN-g, Il-1b, które hamują proliferację komórek nowotworowych, a także indukują ich apoptozę [66]. Lentinan, schizophyllan, frakcja MD z żagwicy listkowatej oraz PSK i PSP z wrośniaka różnobarwnego stosowane są w Japonii i Chinach w immunoterapii nowotworów żołądka, jelita grubego oraz piersi [63]. Ww. związki stosowane są równolegle z tradycyjną terapią nowotworów. Pozwala to wydłużyć czas przeżycia oraz poprawić jakość życia pacjentów w porównaniu z samym leczeniem konwencjonalnym.

Antyoksydacyjne właściwości grzybów są bardzo dobrze udokumentowane [3, 43, 60, 83]. Etanolowe ekstrakty ze 150 gatunków grzybów wykazują aktywność przeciwutleniającą [12]. Potwierdzono antyoksydacyjne działanie ekstraktów z: żagwicy listkowatej, soplówki jeżowatej (*Hericium erinaceus*), zimówki aksamitnotrzonowej, twardziaka jadalnego, bocznika ostrygowatego [86], polówki wiązkowej (*Agrocybe aegerita*), pieczarki brazylijskiej (*Agaricus blazei*), borowika szlachetnego i czernidłaka kołpakowatego (*Coprinus comatus*) [54, 81, 82, 84]. Stwierdzono również, że metanolowe i wodne ekstrakty z twardziaka jadalnego, bocznika (*P. tuber-regium*), pochwiaka pochwiastego i z polówki wiązkowej wykazują potencjał antyoksydacyjny [45]. Lo i Cheung [48] określili aktywność antyoksydacyjną metanolowych ekstraktów z siedmiu gatunków grzybów dziko rosnących, wynikającą z zawartości fenoli, β -tokoferolu i β -karotenu. Potwierdzono, że aktywność antyoksydacyjna jest skorelowana z ogólną zawartością związków fenolowych w ekstraktach grzybowych [63]. Cheung i wsp. [17] wykazali również, że aktywność antyoksydacyjna kompleksów

polisacharydowo-białkowych z grzybów zależy od zastosowanej metody ekstrakcji tych związków.

Z uwagi na dużą zawartość błonnika oraz małą zawartość tłuszczu grzyby mogą stanowić element diety przeciwdziałającej miażdżycy [63]. Dodatkowo, są one źródłem substancji wykazujących zdolność zmniejszenia syntezy cholesterolu LDL oraz triacylogliceroli, nie wpływając na stężenie frakcji HDL [32]. Do takich substancji należą eritadenina wyizolowana z twardziaka jadalnego oraz lowastatyna obecna w gatunkach boczniaka [73]. Eritadenina wykazuje także zdolność zmniejszenia produkcji homocysteiny, będącej czynnikiem ryzyka chorób serca [26]. Ekstrakty z twardziaka jadalnego oraz boczniaka florydzkiego zapobiegają również agregacji płytek krwi [37]. Zdolność obniżania ciśnienia krwi wykazuje wiele gatunków, m.in. twardziak jadalny, lakownica lśniąca, bocznik (*P. nebrodensis*) oraz żagwica listkowata [56, 79]. Wymienione wyżej właściwości grzybów decydują o możliwości ich zastosowania w profilaktyce oraz leczeniu chorób sercowo-naczyniowych.

Grzyby zawierają substancje o działaniu hipoglikemicznym, w tym polisacharydy i lektyny [34, 40]. Wykazano zdolność do obniżania poziomu glukozy we krwi przez żagwicę listkowatą [44], lakownicę lśniącą [29] oraz maczuźnika [35]. Udokumentowano działanie hipoglikemiczne czernidłaka kołpakowatego [33]. Działanie hipoglikemiczne wykazuje komatyna wyizolowana z kultury płynnej czernidłaka kołpakowatego [20]. Stwierdzono, że czernidłak kołpakowaty działa osłaniająco na komórki trzustki i może być stosowany w zapobieganiu powikłaniom cukrzycowym.

Grzyby stanowią bogate źródło naturalnych antybiotyków. Związki wyizolowane z grzybów wykazują działanie przeciwrzybowe i przeciwbakteryjne, zwalczając *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* i *Escherichia coli*. Hamują również wzrost mikroorganizmów odpowiedzialnych za problemy skórne, m.in. *Pityrosporum ovale*, *Staphylococcus epidermidis* i *Propionibacterium acnes* [63]. Wzrost *S. aureus* i innych opornych bakterii jest hamowany przez związek o budowie seskwiterpenowej zawarty w ganodermie czerwonej (*G. pfeifferi*) [57]. Steroidy wyizolowane z ganodermy spłaszczonej (*G. applanatum*) wykazują aktywność przeciwko wielu bakteriom gram(+) i gram(-) [76]. Kwas oksalowy odpowiada za antibakteryjny efekt twardziaka jadalnego przeciwko *S. aureus* i innym bakteriom [7]. Białka pochodzące z grzybów, np. pleurostrina z boczniaka ostrygowatego, agrocybina z polówki wiązkowej, eryngina z boczniaka mikołajkowego (*P. eryngii*) oraz ganodermina z lakownicy lśniącej wykazują aktywność przeciwrzybiczną. Pleurostrina hamuje wzrost grzybnicy *Fusarium oxysporum*, *Mycosphaerella arachidicola* oraz *Physalospora pyricola*. Inhibitorem *F. oxysporum* jest również eryngina i ganodermina [92].

W literaturze szeroko opisano antywirusowe działanie ekstraktów z całych grzybów, jak również wyizolowanych z nich związków. Efekt przeciwwirusowy wykazują substancje o małej masie cząsteczkowej, np. triterpeny. Ganoderiol, ganodermanontriol

i kwas ganodermowy z lakownicy lśniacej są aktywne przeciwko wirusowi HIV-1 [23], natomiast ganodermediol i lucidadiol otrzymane z ganodermy czerwonej wykazują efekt przeciwko wirusowi grypy typu A. Ganodermediol zwalcza również wirusa opryszczki HSV-1 [58]. Związki fenolowe z włókniuszka szczotkowatego (*I. hispidus*) wykazują aktywność przeciwko wirusom grypy typu A i B [4].

Grzyby działają również przeciwalergicznie. Kwasy ganodermowe C i D otrzymane z lakownicy lśniacej hamują reakcję histaminową. Działanie antyalergiczne wykazywały również etanolowe ekstrakty z *Hypsizygus marmoreus*, zimówki aksamitnotrzonowej, łuskwiaka nameko (*Pholiota nameko*) i bocznika mikołajkowego [71].

Wiele gatunków grzybów charakteryzuje się działaniem przeciwzapalnym, np. w zapaleniu stawów [41]. Kwasy ganodermowe A, B, H z *G. lucidum* wykazują silniejsze działanie przeciwzapalne w porównaniu z kwasem acetylosalicylowym, natomiast metanolowe ekstrakty z bocznika łyżkowego wywołują efekt podobny do diklofenaku [36]. Metanolowy ekstrakt z bocznika florydzkiego hamuje stan zapalny naczyń krwionośnych [37].

Ekstrakty z grzybów działają ochronnie na wątrobę. Etanolowy ekstrakt z lakownicy lśniacej zawierający trieterpenoidy zapobiegał niszczeniu hepatocytów przez chloroform. Efekt ochronny był związany ze zdolnością wygaszania wolnych rodników w wątrobie [87]. Preparat z lakownicy lśniacej zawierający frakcję polisacharydową, testowany w badaniach klinicznych z udziałem pacjentów z przewlekłym wirusowym zapaleniem wątroby typu B, powodował normalizację poziomu aminotransferaz [28].

Ekstrakty grzybowe oraz wyizolowane z nich związki wywierają wpływ na centralny układ nerwowy. Związki fenolowe otrzymane z soplówki jeżowatej (hericenony C, D, E, F, G i H) indukują syntezę czynnika wzrostu nerwu (NGF), co umożliwia ich wykorzystanie w leczeniu choroby Alzheimera [55]. Erinacina E wyizolowana z soplówki gałęzistej (*H. coralloides*) wykazywała znaczący efekt przeciwbólowy, nie wywołując skutków ubocznych, charakterystycznych dla morfiny [69].

Grzyby jako element żywności funkcjonalnej

Obecnie istnieje wiele definicji żywności funkcjonalnej. Według koncepcji zaproponowanej przez amerykańskich i europejskich ekspertów, powinna ona być elementem normalnej diety, czyli być spożywana regularnie i w normalnych ilościach, a poza tym obniżać ryzyko konkretnych chorób lub wykazywać dodatkowy korzystny efekt poza podstawową wartością odżywczą [21]. Na rynku znajduje się wiele produktów zaliczanych do żywności funkcjonalnej [68].

Prebiotyki są definiowane jako składniki żywności nieulegające trawieniu w przewodzie pokarmowym, a mające zdolność stymulowania wzrostu i aktywności pożytecznych bakterii w przewodzie pokarmowym, głównie w jelicie grubym. Owocniki grzybów mogą spełniać te kryteria ze względu na zawartość polisacharydów, ta-

kich jak: chityna, hemiceluloza, α - i β -glukany, mannany, ksylany oraz galaktany [1]. Synytsya i wsp. [78] wykazali, że ekstrakty z bocznika ostrygowatego oraz mikołajkowego stymulują wzrost bakterii probiotycznych – *Lactobacillus* ssp., *Bifidobacterium* ssp. oraz *Enterococcus faecium*.

Grzyby mogą być spożywane bezpośrednio i traktowane jako element żywności funkcjonalnej [13]. Pozytywny efekt ich stosowania wynika wówczas ze współdziałania różnych składników aktywnych zawartych w owocnikach. Profilaktycznie można również stosować gotowe preparaty pochodzenia grzybowego w postaci kapsułek lub tabletek. Zawierają one oczyszczone ekstrakty grzybowe i są traktowane jako suplementy diety [91]. Najczęściej są stosowane jako preparaty wzmacniające układ odpornościowy oraz przeciwdziałające nowotworom [89]. Preparaty produkowane są przede wszystkim z takich gatunków grzybów leczniczych, jak: lakownica lśniąca, twardziak jadalny, żagwica listkowata, wrośniak różnobarwny, maczuźnik chiński. Dostępne są także preparaty zawierające ekstrakty z różnych gatunków grzybów [19].

Podsumowanie

Mechanizm wpływu różnych gatunków grzybów oraz poszczególnych substancji w nich zawartych na organizm człowieka nie jest do końca wyjaśniony. Istnieje potrzeba prowadzenia dalszych badań ze szczególnym uwzględnieniem nowych gatunków oraz izolowanych z nich składników aktywnych. Należałoby szczegółowo określić, które z ekstraktów grzybowych lub aktywnych składników są rekomendowane w celu osiągnięcia określonego efektu prozdrowotnego. Niezbędna jest także edukacja konsumentów w dziedzinie korzyści zdrowotnych, które można uzyskać poprzez spożywanie grzybów.

Literatura

- [1] Aida F.M.N.A., Shuhaimi M., Yazid M., Maaruf A.G.: Mushrooms as a potential source of prebiotics, a review. *Trends Food Sci. Technol.*, 2009, **20**, 567-575.
- [2] Alam N., Amin R., Khan A., Ara I., Shim M.J., Lee M. W., Lee T.S.: Nutritional analysis of cultivated mushrooms in Bangladesh – *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju*, *Pleurotus florida* and *Colocybe indica*. *Mycobiol.*, 2008, **36** (4), 228-232.
- [3] Asatiani M.D., Elisashvili V., Songulashvili G., Reznick A.Z., Wasser S.P.: Higher *Basidiomycetes* mushrooms as a source of antioxidants. In: *Progress in Mycology*. Eds. M. Rai, G. Kovics. Scientific Publishers India, 2010, pp. 311-326.
- [4] Awadh N.A.A., Mothana R.A.A., Lesnau A., Pilgrim H., Lindequist U.: Antiviral activity of extracts and compounds from *Inonotus hispidus*. *Fitoterapia*, 2003, **74**, 483-485.
- [5] Barros L., Cruz T., Baptista P., Estevinho L.M., Ferreira I.C.F.R.: Wild and commercial mushrooms as source of nutrients and nutraceuticals. *Food Chem. Toxicol.*, 2008, **46**, 2742-2747.
- [6] Beluhan S. Ranogajec A.: Chemical composition and non-volatile components of Croatian wild edible mushrooms. *Food Chem.*, 2011, **124**, 1076-1082.

- [7] Bender S., Dumitrache C.N., Backhaus J., Christie G., Cross R.F., Lonergan G.T.: A case for caution in assessing the antibiotic activity of extracts of culinary-medicinal Shiitake mushroom (*Lentinula edodes* Berk. Singer) (*Agaricomycetidae*). *Int. J. Med. Mushrooms*, 2003, **5**, 31-35.
- [8] Berger A., Rein D., Kratky E., Monnard I., Hajjaj H., Meirim I., Piguët-Welsch C., Hauser J., Mace K., Niederberger P.: Cholesterol-lowering properties of *Ganoderma lucidum* *in vitro*, *ex vivo*, and in hamsters and minipigs. *Lipids in Health and Disease*, 2004, **3**, 2.
- [9] Bernaś E., Jaworska G., Lisiewska Z.: Edible mushrooms as a source of valuable nutritive constituents. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2006, **5** (1), 5-20.
- [10] Bernaś E., Jaworska G.: Zawartość aminokwasów w mrożonkach i konserwach sterylizowanych z borowika szlachetnego (*Boletus edulis* (Bull. Fr.)). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **6** (73), 134-145.
- [11] Chang S.T.: Global impact of edible and medicinal mushrooms on human welfare in the 21 century, non-green revolution. *Int. J. Med. Mush.*, 1999, **1**, 1-7.
- [12] Chang S-T, Miles P.G.: *Mushrooms. Cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact*. Second edition, CRC Press, Boca Raton, London 2004, p. 6.
- [13] Chang S.T., Wasser S.P.: The role of culinary-medicinal mushrooms on human welfare with a pyramid model for human health. *Int. J. Med. Mushrooms*, 2012, **14** (2), 95-134.
- [14] Chen J., Seviour R.: Medicinal importance of fungal β -(1-3), (1-6)-glucans. *Mycol. Res.*, 2007, **111**, 635-652.
- [15] Cheung L.M., Cheung P.C.K., Ooi V.E.C.: Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem.*, 2003, **81**, 249-255.
- [16] Cheung P.C.K.: The nutritional and health benefits of mushrooms. *Nutrition Bulletin*, 2010, **35**, 292-299.
- [17] Cheung Y-C., Siu K-C., Liu Y-S., Wu J-Y.: Molecular properties and antioxidant activities of polysaccharide-protein complex from selected mushrooms by ultrasound-assisted extraction. *Process Biochemistry*, 2012, **47**, 892-895.
- [18] Dai Y-Ch., Yang Z-L., Ui B-K., Yu Ch-J., Zhou L-W.: Species diversity and utilization of medicinal mushrooms and fungi in China (review). *Int. J. Med. Mushrooms*, 2009, **11**, 287-302.
- [19] De Silva D.D., Rapior S., Fons F., Bahkali A.H., Hyde K.D.: Medicinal mushrooms in supportive cancer therapies, an approach to anti-cancer effects and putative mechanisms of action. *Fungal Diversity*, 2012, DOI 10.1007/s13225-012-0151-3.
- [20] Ding Z., Lu Y., Lu Z., Lv F., Wang Y., Bie X., Wang F., Zhang K.: Hypoglycaemic effect of comatin, an anti-diabetic substance separated from *Coprinus comatus* broth, on alloxan-induced-diabetic rats. *Food Chem.*, 2010, **121**, 39-43.
- [21] Doyon M., Labrecque J.A.: Functional foods, a conceptual definition. *Br. Food J.*, 2008, **110** (11), 1133-1149.
- [22] Elmastas M., Isidac O., Turkekul I., Temur N.: Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. *J. Food Comp. Anal.*, 2007, **20**, 337-345.
- [23] El-Mekkawy S., Meselhy M.R., Nakamura N., Tezuka Y., Hattori M., Kakiuchi N.: Anti-HIV-1 and Anti-HIV-1-protease substances from *Ganoderma lucidum*. *Phytochemistry*, 1998, **49**, 1651-1657.
- [24] FAO Statistical Yearbook. Production and trade [on-line], 2009. Dostępne w Internecie [20.09.2012]: <http://www.fao.org/corp/statistics/en>.
- [25] Ferreira I.C.F.R., Vaz J.A., Vasconcelos M.H., Martins A.: Compounds from wild mushrooms with antitumor potential. *Anticancer Agents Med. Chem.*, 2010, **10**, 424-436.
- [26] Fukada S.I., Setoue M., Morita T., Sugiyama K.: Dietary eritadenine suppresses guanidinoacetic acid - induced hyperhomocysteinemia in rats. *J. Nutr.*, 2006, **136**, 2797-2802.
- [27] Furlani R.P. Z., Godoy H.T.: Vitamins B₁ and B₂ contents in cultivated mushrooms. *Food Chem.*, 2008, **106**, 816-819.

- [28] Gao Y., Zhou S., Chen G., Dai X., Ye J., Gao H.: A phase I/II study of a *Ganoderma lucidum* (Curt.,Fr.) P. Karst. (Ling Zhi, Reishi mushroom) extract in patients with chronic hepatitis B. *Int. J. Med. Mushrooms*, 2002, **4**, 2321-2327.
- [29] Gao Y., Lan J., Dai X., Ye J., Zhou S.: A phase I/II study of ling zhi mushroom *Ganoderma lucidum* (W.Curt.,Fr.)Lloyd (*Aphyllphoromycetidae*) extract in patients with type II diabetes mellitus. *Int. J. Med. Mushrooms*, 2004, **6**, 33-39.
- [30] Ganeshpurkar A., Rai G., Jain A.P.: Medicinal mushrooms, Towards a new horizon. *Pharmacogn. Rev.*, 2010, **4** (8), 127-135.
- [31] Grangeia C., Heleno S.A., Barros L., Martins A., Ferreira I.C.F.R.: Effects of trophism on nutritional and nutraceutical potential of wild edible mushrooms. *Food Res. Int.*, 2011, **44** (4), 1029-1035.
- [32] Guillamon E., Garcia-Lafuente A., Lozano M., D'Arrigo M., Moro C., Rostagno M.A., Villares A., Martínez J.A.: Edible mushrooms, Role in the prevention of cardiovascular diseases. *Fitoterapia*, 2010, **81**, 715-723.
- [33] Han C., Cui B., Wang. Y.: Vanadium uptake by biomass of *Coprinus comatus* and their effect on hyperglycemic mice. *Biol. Trace Elem. Res.*, 2008, **124**, 35-39.
- [34] Horio H., Ohtsuru M.: Maitake (*Grifola frondosa*) improve glucose tolerance of experimental diabetic rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 2001, **47**, 57-63.
- [35] Hsu T.H., Lo H.C.: Biological activity of *Cordyceps* (Fr.) Link species (*Ascomycetes*) derived from a natural source and from fermented mycelia on diabetes in STZ-induced rats. *Int. J. Med. Mushrooms*, 2002, **4**, 111-125.
- [36] Jose N., Ajith T.A., Janardhanan K.K.: Antioxidant, antiinflammatory and antitumor activities of culinary-medicinal mushroom *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quel. (*Agaricomycetidae*). *Int. J. Med. Mushrooms*, 2002, **4**, 329-335.
- [37] Jose N., Janardhanan K.K.: Methanol extract of the oyster mushroom, *Pleurotus florida*, inhibits inflammation and platelet aggregation. *Phytother. Res.*, 2004, **18**, 43-46.
- [38] Kalac P.: Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms, A review. *Food Chem.*, 2009, **113**, 9-16.
- [39] Kalbarczyk J., Radzki W.: Uprawiane grzyby wyższe jako cenny składnik diety oraz źródło substancji aktywnych biologicznie. *Herba Polonica*, 2009, **55** (4), 224-232.
- [40] Kiho T., Kochi M., Usui S., Hirano K., Aizawa K., Inakuma T.: Antidiabetic effect of an acidic polysaccharide (TAP) from *Tremella aurantia* Schw., Fr. (*Heterobasidiomycetes*) in genetically diabetic KK-Ay mice. *Int. J. Med. Mushrooms*, 2002, **4**, 291-297.
- [41] Kim G.Y., Kim S.H., Hwang S.Y. Kim H.Y., Park Y.M., Park S.K.: Oral administration of proteoglycan isolated from *Phellinus linteus* in the prevention and treatment of collagen-induced arthritis in mice. *Biol. Pharm. Bull.*, 2003, **26**, 823-831.
- [42] Kirk P.M., Cannon P.F., David J.C., Stalpers J.A.: Ainsworth & Brisby's dictionary of the fungi, 10th edn. CAB International, Wallingford 2008.
- [43] Kozarski M., Klaus A., Nikisic M., Jakovljevic D., Helsper J.P.F.G., van Griensven L.J.L.D.: Antioxidative and immuno-modulating activities of polysaccharide extracts of the medicinal mushrooms *Agaricus bisporus*, *Agaricus brasiliensis*, *Ganoderma lucidum* and *Phellinus linteus*. *Food Chem.*, 2011, **129**, 1667-1675.
- [44] Kurushima H., Kodama N., Nanba H.: Activities of polysaccharides obtained from *Grifola frondosa* on insulin-dependent diabetes mellitus induced by streptozotocin in mice. *Mycosci.*, 2000, **41**, 473-480.
- [45] Lee Y.L., Yen M.T., Mau J.L.: Antioxidant properties of various extracts from *Hypsizigus marmoreus*. *Food Chem.*, 2007, **104**, 1-9.

- [46] Lin Y.L., Liang Y.C., Tseng Y.S., Huang H.Y., Chou S.Y., Hseu R.S. et al.: An immuno-modulatory protein Ling Zhi-8, induced activation and maturation of human monocyte-derived dendritic cells by the NF-KB and MAPK pathways. *J. Leukoc. Biol.*, 2009, **86**, 877-889.
- [47] Liu J., Shimizu K., Konishi F., Noda K., Kumamoto S., Kurashiki K., Kondo R.: Anti-androgenic activities of the triterpenoids fraction of *Ganoderma lucidum*. *Food Chem.*, 2007, **100**, 1691-1696.
- [48] Lo K.M., Cheung P.C.K.: Antioxidant activity of extracts from the fruiting bodies of *Agrocybe aegerita* var. *alba*. *Food Chem.*, 2005, **89**, 533-539.
- [49] Lucas E.H.: Tumor inhibitors in *Boletus edulis* and other *Holobasidiomycete*. *Antibiot. Chemotherapy*, 1957, **7**, 1-4.
- [50] Manzi P., Aguzzi A., Pizzoferrato L.: Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chem.*, 2001, **73**, 321-325.
- [51] Manzi P., Marconi S., Aguzzi A., Pizzoferrato L.: Commercial mushrooms, nutritional quality and effect of cooking. *Food Chem.*, 2004, **84**, 201-206.
- [52] Mattila P., Könkö K., Eurola M., Pihlava J.A., Astola J., Vahteisto L., Hieraniemi V., Kumpulainen J., Valtonen M., Pironen V.: Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, 2343-2348.
- [53] Matilla P., Konko K.: Basic composition and amino acid contents of mushrooms cultivated in Finland. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, **50**, 6419-6422.
- [54] Mau J.L., Lin H.C., Song S.F.: Antioxidant properties of several specialty mushrooms. *Food Res. Int.*, 2002, **35**, 519-526.
- [55] Mizuno T.: Bioactive substances in *Hericium erinaceus* (Bull.,Fr.) Pers (Yamabushitake), and its medicinal utilization. *Int. J. Med. Mushrooms*, 1999, **1**, 105-119.
- [56] Miyazawa N., Okazaki M., Ohga S.: Antihypertensive Effect of *Pleurotus nebrodensis* in Spontaneously Hypertensive Rats. *J. Oleo. Sci.*, 2008, **57**, 675-681.
- [57] Mothana R.A.A., Jansen R., Julich W.D., Lindequist U.: Ganomycin A and B, new antimicrobial farnesyl hydroquinones from the basidiomycete *Ganoderma pfeifferi*. *J. Nat. Prod.*, 2000, **63**, 416-418.
- [58] Mothana R.A.A., Awadh N.A.A., Jansen R., Wegner U., Mentel R., Lindequist U.: Antiviral lanostanoid triterpenes from the fungus *Ganoderma pfeifferi* Bres. *Fitoterapia*, 2003, **74**, 177-180.
- [59] Ooi V.E.C.: Antitumor and immunomodulatory activities of mushroom polysaccharides. In.: *Mushrooms as functional foods*. Ed.P.C.K. Cheung. Hoboken. Wiley, NJ., 2008, pp. 147-198.
- [60] Palacios I., Lozano M., Moro C., D'Arrigo M., Rostagno M.A., Martinez J.A., Garcia-Lafuente A., Guillamon E., Villares A.: Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushroom. *Food Chem.*, 2011, **128**, 674-678.
- [61] Pereira E., Barros L., Martins A., Ferreira I.C.F.R.: Towards chemical and nutritional inventory of Portuguese wild edible mushrooms in different habitats. *Food Chem.*, 2012, **130**, 394-403.
- [62] Rajewska J., Bałasińska B.: Związki biologicznie aktywne zawarte w grzybach jadalnych i ich korzystny wpływ na zdrowie. *Postępy Hig. Med. Dośw.*, 2004, **58**, 352-357.
- [63] Rathee S., Rathee D., Rathee D., Kumar V., Rathee P.: Mushrooms as therapeutic agents. *Braz. J. Pharmacog.*, 2012, **22** (2), 459-474.
- [64] Reguła J., Siwulski M.: Dried shiitake (*Lentinula edodes*) and oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushrooms as a good source of nutrient. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2007, **6** (4), 135-142.
- [65] Reis F.S., Barros L., Martins A., Ferreira I.C.F.R.: Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms. An inter-species comparative study. *Food Chem. Toxicol.*, 2012, **50**, 191-197.
- [66] Reshetnikov S.V., Wasser S.P., Tan K.K.: Higher Basidiomycota as a source of antitumor and immunostimulating polysaccharides. *Int. J. Med. Mushrooms*, 2001, **3**, 361-394.

- [67] Ribeiro B., Pinhoa P.G., Andrade P.B., Baptista P., Valentao P.: Fatty acid composition of wild edible mushroom species. A comparative study. *Microchem. J.*, 2009, **93**, 29-35.
- [68] Roberfroid M.B.: Global view on functional foods. European perspectives. *Br. J. Nutr.*, 2002, **88**, 133-138.
- [69] Saito T., Aoki F., Hirai H., Inagaki T., Matsunaga Y., Sakakibara T.: Erinacine E as a kappa opioid receptor agonist and its new analogs from a basidiomycete, *Hericium ramosum*. *J. Antibiot.*, 1998, **51**, 983-990.
- [70] Sanchez C.: Mini-review, modern aspects of mushroom culture technology. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2004, **64**, 759-762.
- [71] Sano M., Yoshino K., Matsuzawa T., Ikekawa T.: Inhibitory effects of edible higher basidiomycetes mushrooms extracts on mouse type IV allergy. *Int. J. Med. Mushrooms*, 2002, **4**, 37-41.
- [72] Sas-Golak I., Sobieralski K., Siwulski M., Lisiecka J.: Skład, wartość odżywcza oraz właściwości zdrowotne grzybów pozyskiwanych ze stanowisk naturalnych. *Kosmos*, 2011, **60 (3-4)**, 292-293, 483-490.
- [73] Shimada Y., Yamakawa A., Morita T., Sugiyama K.: Effects of dietary eritadenine on the liver microsomal 1,6-desaturase activity and its mRNA in rats. *Biosci. Biotech. Bioch.*, 2003, **67**, 1258-1266.
- [74] Skalicka-Woźniak K., Szypowski J., Łoś R., Siwulski M., Sobieralski K., Głowniak K., Malm A.: Evaluation of polysaccharides content in fruit bodies and their antimicrobial activity of four *Ganoderma lucidum* (W Curt.: Fr.) P. Karst. strains cultivated on different wood type substrates. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 2012, **81 (1)**, 17-21.
- [75] Sliva D.: *Ganoderma lucidum* (Reishi) in cancer treatment. *Integr. Cancer Ther.*, 2003, **2**, 358-364.
- [76] Smania Jr A., Delle Monache F., Smania E.F.A., Cuneo R.S.: Antibacterial activity of steroidal compounds isolated from *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. (*Aphyllphoromycetideae*) fruit body. *In. J. Med. Mushrooms*, 1999, **1**, 325-330.
- [77] Stachowiak B., Reguła J.: Health-promoting potential of edible macromycetes under special consideration of polysaccharides, a review. *Eur. Food Res. Technol.*, 2012, **234**, 369-380.
- [78] Synytsya A., Mickova K., Synytsya A., Jablonsky I., Spevacek J., Erban V., Kovarikova E., Copikova J.: Glucans from fruit bodies of cultivated mushroom *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*, Structure and potential prebiotic activity. *Carbohydr. Polym.*, 2008, **76**, 548-556.
- [79] Talpur N.A., Echard B.W., Fan Y.A., Jaffari O., Bagchi D., Preuss H.G.: Antihypertensive and metabolic effects of whole maitake mushroom powder and its fractions in two rat strains. *Mol. Cell Biochem.*, 2002, **237**, 129-136.
- [80] Thekkuttuparambil A.A., Kainoor K.: Indian Medicinal Mushrooms as a source of antioxidant and antitumor agents. *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 2007, **40**, 157-162.
- [81] Tsai S-Y., Tsai H-L., Mau J-L.: Antioxidant properties of *Agaricus blazei*, *Agrocybe cylindracea* and *Boletus edulis*. *LWT*, 2007, **40**, 1392-1402.
- [82] Tsai S-Y., Tsai H-L, Mau J-L.: Antioxidant properties of *Coprinus comatus*. *J. Food Bioch.*, 2009, **33**, 368-389.
- [83] Vaz J.A., Barros L., Martins A., Santos-Buelga C., Vasconcelos M.H., Ferreira I.C.F.R.: Chemical composition of wild edible mushrooms and antioxidant properties of their water soluble polysaccharidic and ethanolic fractions. *Food Chem.*, 2011, **126**, 610-616.
- [84] Vidovic S.S., Mujic I.O., Zekovic Z.P., Lepojevic Z.D., Tumbas V.T., Mujic A.I.: Antioxidant properties of selected *Boletus* mushrooms. *Food Biophysics*, 2010, **5**, 49-58.
- [85] Vishwakarma M.P., Bhatt R.P., Gairola S.: Some medicinal mushrooms of Garhwal Himalaya, Uttarakhand, India. *Int. J. Med. Arom. Plants*, 2011, **1 (1)**, 33-40.
- [86] Yang J.H., Lin H.C., Mau J.L.: Antioxidant properties of several commercial mushrooms. *Food Chem.*, 2002, **77**, 229-235.

- [87] Wang M.Y., Liu Q., Che Q.M., Lin Z.B.: Effects of total triterpenoids extract from *Ganoderma lucidum* (Curt.,Fr.) P. Karst. (Reishi mushroom) on experimental liver injury models induced by carbon tetrachloride or d-galactosamine in mice. *Int. J. Med. Mushrooms*, 2002, **4**, 337-342.
- [88] Wasser S.P.: Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2002, **3**, 258-274.
- [89] Wasser S.P.: Medicinal mushroom science, history, current status, future trends, and unsolved problems. *Int. J. Med. Mushrooms*, 2010, **12 (1)**, 1-16.
- [90] Wasser S.P.: Current finding, future trends, and unsolved problems in studies of medicinal mushrooms. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2011, **89**, 1323-1332.
- [91] Wasser S.P., Akavia E.: Regulatory issues of mushrooms as functional foods and dietary supplements, safety and efficacy. In.: *Mushrooms as functional foods*. Ed. Cheung P.C.K. New York 2008, pp. 199-221.
- [92] Wong J.H., Ng T.B., Cheung R.C.F., Ye X.J., Wang H.X., Lam S.K., Lin P., Chan Y.S., Fang E.F., Ngai P.H.K., Xia L.X., Ye X.Y., Jiang Y., Liu F.: Proteins with antifungal properties and other medicinal applications from plants and mushrooms. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2010, **87**, 1221-1235.
- [93] Zaidman B.Z., Yassin M., Mahajna J., Wasser S.P.: Medicinal mushroom modulators of molecular targets as cancer therapeutics. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2005, **67**, 453-468.
- [94] Zhang M., Cui S.W., Cheung P., Wang Q.: Antitumor polysaccharides from mushrooms, a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. *Trend in Food Sci. Technol.*, 2007, **18 (1)**, 4-19.

NUTRITIVE AND HEALTH-PROMOTING VALUE OF MUSHROOMS

Summary

Health-promoting value of mushrooms is the effect of readily available proteins, carbohydrates, essential unsaturated fatty acids, as well as minerals and vitamins contained in them. Many cultivated and wild-growing species also exhibit salutogenic properties. They are to be attributed to the presence of bioactive substances, mainly polysaccharides, triterpenoids, and phenolic compounds. The immunostimulatory, antibacterial, antiviral, anti-inflammatory, anticarcinogenic, antidiabetic, and antiallergenic actions were documented for different mushroom species. Substances obtained from fungi are also capable of reducing blood cholesterol and triglyceride levels, they normalise blood pressure and protect the liver. At present, mushrooms are considered to be functional food. Beneficial health effects may be achieved through the direct consumption of fruiting bodies or the use of dietary supplements in the form of ready-to-use preparations containing mushroom extracts.

Key words: wild-growing mushrooms, cultivated mushrooms, bioactive substances, functional food ☒