

# Wartość odżywcza i prozdrowotna owocników grzybów jadalnych

## Nutritional and health value of fruiting edible mushrooms

ADAM SIDOR

Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej, Wydział Medyczny, Uniwersytet Rzeszowski

Grzyby jadalne stanowią produkt spożywczy i surowiec dla przemysłu spożywczego. Według danych statystycznych średnie roczne spożycie wszystkich grzybów w krajach UE wynosi ok. 1,5 kg/osobę w ciągu roku. Zbieranie, rozpoznawanie i klasyfikowanie grzybów dzikorosnących przez ludzi w Polsce i wielu krajach jest również formą aktywnego wypoczynku, urozmaicenia diety oraz sprzyja rozwojowi wsi i agroturystyki.

Poszczególne gatunki grzybów jadalnych charakteryzują się zróżnicowaną wartością odżywcza, wynikającą ze znacznych różnic składu chemicznego. W obrębie jednego gatunku na skład chemiczny wpływa m.in.: skład podłoża na danym obszarze geologicznym, rodzaj ekosystemu, faza rozwoju owocnika i w przypadku grzybów uprawnych rzut w cyklu owocowania.

Szczegółowe właściwości żywieniowe i funkcjonalne owocników grzybów jadalnych wymagają nadal intensywnych badań naukowych, zwłaszcza biorąc pod uwagę pojawienie się nowych dowodów dotyczących ich właściwości takich, jak ich właściwości prebiotyczne, hipotensyjne czy antynowotworowe.

**Słowa kluczowe:** owocniki grzybów jadalnych, wartość odżywcza, żywność funkcjonalna

Edible mushrooms are a food product and resources for the food industry. According to statistical data, the average annual consumption of mushrooms in the EU is about 1.5 kg/person. In Poland and many other countries, picking, identification and classification of wild mushrooms is a form of active recreation, a way to enrich diet and to promote the development of the countryside and agritourism.

Different species of edible mushrooms have varied nutritional value, which is a consequence of significant differences in the chemical composition. Mushrooms of the same species can vary in terms of chemical composition, which results, for instance, from the composition of the soil in a given geological area, type of ecosystem, the phase of fructification development, and in the case of cultivated mushrooms, the stage in the fructification cycle.

In order to thoroughly describe nutritional and functional properties of edible mushroom fructification, we still need extensive scientific research, especially in the face of new evidence for their prebiotic, antihypertensive and anti-cancer properties.

**Key words:** edible mushroom fructification, nutritional value, functional food

© Hygeia Public Health 2019, 54(3): 153-158

www.h-ph.pl

Nadesłano: 22.08.2019

Zakwalifikowano do druku: 10.09.2019

Adres do korespondencji / Address for correspondence

dr inż. n. rol. Adam Sidor

Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej, Wydział Medyczny  
Uniwersytet Rzeszowski

Aleja Rejtana 16 C, 35-959 Rzeszów

tel. 606 44 81 28, e-mail: adsidor@poczta.onet.pl

## Wprowadzenie

Wiedza o grzybach, w tym o owocnikach grzybów jadalnych była zbierana przez lata. Obecnie liczba opisanych gatunków grzybów jest szacowana na 14 tys., co stanowi tylko ok. 10% wszystkich gatunków grzybów występujących na ziemi [1, 2]. W Polsce nie opracowano jeszcze całościowego wykazu rosnących gatunków grzybów. Szacuje się, że może potencjalnie występować ich ok. 12-14 tys. gatunków, z czego 320 grzyborośli (*Mycoproctotista*), 340 grzybopływek (*Chromista*) i 11840 grzybów właściwych (*Fungi*). Oznacza to, że gatunkowa różnorodność biologiczna grzybów składa się prawdopodobnie z ok. 8 tys. gatunków grzybów mikroskopijnych (*Micromycetes*),

4,5 tys. grzybów wielkoowocnikowych (*Macromycetes*) oraz 1,9 tys. grzybów zlichenizowanych (porostów) i grzybów naporostowych (*Lichenes*). Wśród grzybów wielkoowocnikowych jest ok. 1,1-1,4 tys. gatunków jadalnych, 200-250 trujących i 2850-3200 uznanych za niejadalne i nieszkodliwe [3].

Obecnie, jak podaje raport FAO/WHO grzyby służą za pożywienie w 110 krajach [4]. Grzyby jadalne stanowią produkt spożywczy i surowiec dla przemysłu spożywczego. Ich zbieranie i uprawa stanowi także istotne źródło dochodów ludności [5, 6]. Ogólna produkcja owocników grzybów jadalnych na świecie systematycznie wzrasta [7]. Najbardziej powszechnie hodowanymi grzybami są: pieczarka dwuzarodnikowa

(*Agaricus bisporus*), shii-take (*Lentinus edodes*), boczniki różnych gatunków, uszak bżowy (*Auricularia auricula-judae*), płomiennica zimowa (*Flammulina velutipes*) i pochwiak jedwabnikowy (*Volvariella bombycina*) [8].

W Polsce, Minister Zdrowia Rozporządzeniem z 2011 r. [9] dopuścił do obrotu 42 gatunki grzybów jadalnych, w tym 33 zbierane w lasach. Duże znaczenie mają grzyby uprawne, przede wszystkim 2 gatunki należące do klasy podstawczaków: pieczarka dwuzarodnikowa oraz bocznik ostrygowaty (*Pleurotus ostreatus*), ale także sezonowo występujące jadalne grzyby dziko rosnące [10]. Jak podaje Grzywacz wśród grzybów dziko rosnących największy udział w skupie przemysłowym ma kurka, podgrzybek oraz borowik. Największy skup owocników dzikorosnących odbywa się z terenów woj. wielkopolskiego (Puszcza Notecka), pomorskiego, zachodniopomorskiego, lubuskiego i podlaskiego. Wielkość skupu przemysłowego i eksportu grzybów dzikorosnących oszacowano na 30% całości zbiorów, sprzedaż na targowiskach i przy drogach na 10%, a zbiór indywidualny przez ludność na własne potrzeby na 60% [5].

Dane na temat spożycia grzybów są nieliczne. Jak podaje *United States Department of Agriculture* w raporcie z 2013 r., w ciągu ostatnich 40 lat, detaliczna podaż grzybów na rynku w przeliczeniu na jednego mieszkańca wzrosła ponad 3-krotnie od 0,36 kg na osobę w 1970 r. do 1,4 kg w 2010 r. [11]. Według danych *Global Environment Monitoring System – Food Contamination Monitoring and Assessment Programme* (GEMS/Food) średnie roczne spożycie wszystkich grzybów w krajach UE wynosi ok. 1,5 kg/osobę w ciągu roku [12].

Zbieranie, rozpoznawanie i klasyfikowanie grzybów dzikorosnących przez ludzi w Polsce i wielu krajach jest formą aktywnego wypoczynku oraz sprzyja rozwojowi wsi i agroturystyki [13].

### **Skład chemiczny i wartość odżywcza owocników grzybów jadalnych**

Poszczególne gatunki grzybów jadalnych charakteryzują się zróżnicowaną wartością odżywczą, wynikającą ze znacznych różnic składu chemicznego. W obrębie jednego gatunku na skład chemiczny wpływa m.in.: skład podłoża na danym obszarze geologicznym, rodzaj ekosystemu, faza rozwoju owocnika i w przypadku grzybów uprawnych rzut w cyklu owocowania [14, 15]

Powszechnie publikowane są opinie, że grzyby są niskoenergetyczne, dostarczają znacznych ilości wit. z grupy B, zwłaszcza pirydoksyny, niacyny, ryboflawiny i tiaminy. Oprócz witamin owocniki grzybów jadalnych są dobrym źródłem pierwiastków takich,

jak: Fe, K, P, Mg, Zn, Cu, Mn i Se [16]. Grzyby są również zaliczane do żywności o niskiej kaloryczności i niskiej zawartości tłuszczu, a równocześnie są bogate w białka, błonnik pokarmowy, witaminy i składniki mineralne [1].

Zawartość wody w owocnikach grzybów jadalnych wynosi 85 do 95% świeżej masy. Należy jednakże zauważyć, że zawartość wody w owocnikach grzybów zależy od czasu trwania wzrostu (uprawy), wilgotności podłoża podczas okresu wzrostu owocników, kolejności zbioru w przypadku grzybów hodowanych, a także temperatury i wilgotności względnej powietrza [17, 18]. Zawartość wody w świeżej masie niektórych hodowlanych owocników grzybów jadalnych przedstawia się następująco: bocznik ostrygowaty – 85,2-94,7%, bocznik łyżkowy – 87,7%, twardziak japoński (występujący także pod nazwami twardziak uprawny oraz shii-take) – 81,8-90,0%, pieczarka dwuzarodnikowa (występująca pod nazwą pieczarka ogrodowa) – 92,8-94,8% [19, 21]. Natomiast w owocnikach grzybów dzikorosnących zawartość ta wynosi: borowik szlachetny – 87,2-89,2%, pieprznik jadalny (występujący pod nazwą kurka) – 89,1%, gąska dachówkowata – 82,5% [22, 23].

Wartość energetyczna owocników grzybów jadalnych jest ogólnie niska, co pozwala na ich stosowanie w dietach niskokalorycznych. Przeprowadzone badania wykazały kaloryczność pieczarki dwuzarodnikowej w zakresie 4,17-4,20 kcal/g suchej masy, bocznika ostrygowatego 4,16-4,23 kcal/g suchej masy, a grzybów z rodzaju *Boletus* 4,20-4,27 kcal/g suchej masy [19].

Zawartość białka i aminokwasów w owocnikach grzybów jest wysoka, ale różni się znacznie i jest zależna od gatunku grzyba i stadium rozwoju [22]. Białka są ważniejszą częścią suchej masy owocników grzybów oraz stanowią ponad połowę wszystkich związków azotowych w nich zawartych. Wykazano ich zawartość 10-37 g/100 g suchej masy oraz 0,8-3,5 g/100 g świeżej masy [24]. Na związki azotowe w owocnikach grzybów oprócz białek składają się wolne aminokwasy, aminy, kwasy nukleinowe, mocznik i chityna [25]. Skład aminokwasów jest niezwykle istotnym wskaźnikiem wartości odżywczej żywności, w tym i grzybów. Zawartość aminokwasów egzogennych waha się w granicach 34-47% aminokwasów ogółem, choć w przypadku niektórych grzybów takich, jak gąska niekształtna i gąska ziemista wykazano nawet odpowiednio 61,8 i 63,3% [20]. Białko owocników grzybów jadalnych zawiera wszystkie aminokwasy egzogenne, ale w porównaniu z białkiem wzorcowym FAO/WHO aminokwasami ograniczającymi są metionina, cystyna i izoleucyna [26, 27]. Grzyby jadalne są stosunkowo bogate w kwas glutaminowy, kwas asparaginowy i argininę, których zawartość wynosi odpowiednio: 12,6-24,0%, 9,1-12,1% i 3,7-13,9%

ogólnej ilości aminokwasów [1, 26]. Zawartość wolnych aminokwasów w owocnikach grzybów waha się od 7,14 do 12,30 mg/g suchej masy grzybów, z dominującą przewagą kwasu glutaminowego (21,7-23,7%) i alaniny (17,7-17,9%) [19]. Wolne aminokwasy odgrywają ważną rolę w odbiorze wrażeń smakowych oraz percepcji i satysfakcji po spożyciu żywności, m.in. poprzez ich udział w multikomponentowej reakcji Streckera [28].

Owocniki grzybów jadalnych mają niewiele lipidów. Zawartość tłuszczu wyrażona w suchej masie w zależności od gatunku grzyba waha się najczęściej w zakresie 2,75-6,60% [29, 30]. Zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w owocnikach grzybów jadalnych jest wysoka i stanowi ponad 75% całkowitej ilości kwasów tłuszczowych. Ponadto wykryto obecność kwasu palmitynowego i kwasu oleinowego [31, 32].

Węglowodany w owocnikach grzybów jadalnych stanowią zazwyczaj 21-53% suchej masy [23]. Węglowodany w grzybach składają się z mono-, oligo- i polisacharydów. Polisacharydy, to głównie glikogen i różne frakcje błonnika pokarmowego, m.in.: celuloza, chityna, mannany i glukany. Cukrem występującym w owocnikach grzybów jadalnych w znaczących ilościach jest mannitol; dodatkowo zawierają one: glukozę, galaktozę, trehalozę, mannozę, fruktozę. Owocniki grzybów jadalnych są potencjalnie dobrym źródłem błonnika pokarmowego, bowiem ich ściany komórkowe zawierają chitynę, hemicelulozy, mannany i z punktu widzenia wartości prozdrowotnych funkcjonalne komponenty  $\beta$ -glukany. 100 g świeżych grzybów może potencjalnie dostarczyć między 10 a 40% zalecanego dziennego spożycie błonnika w diecie. Zawartość  $\beta$ -glukanów w owocnikach grzybów jadalnych mieści się w granicach 0,21-0,53 g/100 g suchej masy i stanowi 16,8-46,0% frakcji rozpuszczalnej włókna pokarmowego oraz 53,9-83,2% nierozpuszczalnego włókna pokarmowego [33, 34].

Zawartość składników mineralnych w owocnikach grzybów jadalnych mieści się w zakresie 5-12 g/100 g suchej masy, przy czym dostępna literatura podaje nawet zakres 3,2-33,1 g/100 g suchej masy [33, 35, 36]. Owocniki grzybów zawierają takie makroelementy, jak: Ca, Mg, Na, K i P oraz mikroelementy takie, jak Cu, Fe, Mn i Zn. Najbardziej popularne uprawiane grzyby jadalne (bocznik ostrygowaty, shii-take i pieczarka dwuzarodnikowa) szczególnie są bogate w potas (2670-4730 mg/100 g suchej masy) oraz są dobrym źródłem fosforu (493-1390 mg/100 g suchej masy). Ponadto w 100 g suchej masy wykazano w nich 20-200 mg magnezu, 4,70-9,20 mg cynku i 0,52-3,50 mg miedzi. Odznaczają się natomiast niską zawartością w 100 g suchej masy sodu (130-420 mg), wapnia (1,0-25,0 mg), żelaza (2,80-12,30 mg) i manganu (0,51-2,10 mg) [37, 38].

Według Mattila i wsp. owocniki grzybów jadalnych zawierają znaczne ilości witamin z grupy B, zwłaszcza pirydoksyny, niacyny, ryboflawiny i tiaminy. Zawartość witamin takich, jak ryboflawina, niacyna, foliany może być bardzo zróżnicowana i wahać się odpowiednio w 100 g suchej masy: 1,8-5,1 mg, 31-65 mg i 0,30-0,64 mg. Zawartość ryboflawiny w grzybach jest wyższa niż w warzywach, a niektóre odmiany pieczarki dwuzarodnikowej mają ryboflawiny tyle, ile jaja kurze i sery. Owocniki grzybów zawierają mało związków fenolowych, flawonoidów i lignian [16].

Grzyby w swoim składzie zawierają również kwas fitynowy (160-360 mg/100 g suchej masy) oraz fosforan kwasu fitynowego (50-600 mg) [39]. Spośród związków niepożądanych w żywieniu wymienić należy takie, jak szczawiany, azotany oraz aminy biogenne; stwierdzono również zawartość szczawianów w grzybach w zakresie 80-220 mg/100 g suchej masy – nie jest ona na ogół wyższa niż np. w soi [39]. Jak podaje Agoroaei i wsp. stężenie azotanów(III) i azotanów(V) w owocnikach grzybów jest związane z gatunkiem, stadium rozwoju owocnika, stężeniem tlenków azotu w powietrzu, jak również ze składem chemicznym gleby. Owocniki grzybów są zaliczane do produktów z zawartością poniżej 200 mg azotanów(V) na kg produktu obok m.in. pomidorów i ziemniaków [40]. Zawartość amin biogennych w świeżych grzybach dziko rosnących waha się pomiędzy 5 a 150 mg na 1 kg świeżej masy; potwierdzono w nich również obecność m.in. fenyloetyloaminy, putrescyny, spermidyny oraz sperminy [41].

### Owocniki grzybów jadalnych jako żywność funkcjonalna

Konsumpcja owocników grzybów jadalnych oprócz dostarczania podstawowych składników odżywczych może zapewnić potencjalne korzyści związane ze zdrowiem i zmniejszeniem ryzyka występowania chorób, szczególnie o podłożu cywilizacyjnym [1].

Składniki zawarte w grzybach mogą mieć wpływ na funkcjonowanie układu krążenia, prowadząc do zmniejszenia ryzyka chorób dzięki zdolności do obniżania poziomu cholesterolu we krwi. Wyniki licznych badań wskazują, że grzyby są cennym źródłem lowastatyny, która wpływa hamująco na działalność głównego enzymu syntezy cholesterolu, zwanego hydroxymetylglutaryl CoA reduktaza (HMG-CoA reduktaza), tak więc wykazują efekt hypocholesterolemiczny [42]. Lowastatynę można uzyskać z owocników różnych rodzajów bocznika (*Pleurotus* spp.), a w szczególności bocznika mikołajkowego, bocznika łyżkowatego, bocznika ostrygowatego i bocznika różkowanotrzonowego [43]. Również duże zdolności do obniżania stężenia cholesterolu we krwi i wątrobie wykazuje występujący w grzybach shii-take eritadenin.

Jego działanie polega na przyspieszeniu wydalania cholesterolu endogennego oraz jego metabolitów [44, 45]. Efekt hipocholesterolemiczny grzybów potwierdzają badania przeprowadzone dla polówki wiązkowej (*Agrocybe Aegerita*), które wykazały, że jest on związany z aktywnością antyoksydacyjną ekstraktów etanolowych i ekstraktów uzyskiwanych gorącą wodą, które hamowały utlenianie *in vitro* frakcji LDL [46].

Ponadto należy podkreślić, że ze względu na obecność stosunkowo dużej ilości włókna pokarmowego w owocnikach grzybów, a w szczególności chityny i chitozanów, istnieje zwiększone wydalanie kwasów żółciowych i neutralnych sterydów. W środowisku kwaśnym żołądka, grupy aminowe występujące w cząsteczkach chitozanów posiadają ładunek dodatni i wiążą się z ujemnie naładowanymi resztkami kwasów żółciowych. Niskie pH oznacza, że kompleksy kwasów żółciowych z chitozanami stają się nierozpuszczalne i wydalone są z układu pokarmowego [47].

Właściwości przeciwnowotworowe grzybów po raz pierwszy opisane zostały przez Lucasa w 1957 r. Wykazał on, że podawanie ekstraktów alkoholowych z owocników *Boletus* spp. myszom chorującym na mięsaka zwiększa ich szansę przeżycia [48, 49]. Uważa się, że antynowotworowe właściwości grzybów jadalnych związane są z obecnością specyficznych polisacharydów. Wiele badań do tej pory koncentruje się na grupie polisacharydów obecnych w grzybach znanych jako  $\beta$ -glukany [50, 54].  $\beta$ -glukany różnią się między sobą bocznymi łańcuchami, które są specyficzne dla poszczególnych rodzajów grzybów. Na przykład u bocznika ostrogowatego jest to pleuran, a u shii-take lentinan. Najczęściej występujące w grzybach glukany to  $\beta$ -(1,3)-D-glukany,  $\beta$ -(1,6)-D-glukany i  $\alpha$ -(1,3)-D-glukany [52, 55]. Wiązania (1,6) są mniej skuteczne, a glukany  $\alpha$  mają niższą aktywność [55]. Jak wykazały badania,  $\beta$ -glukany zawarte w owocnikach grzybów: polówki południowej, żagwicy listkowatej posiadają połączenia  $\beta$  (1,4) lub  $\beta$  (1,6) i reszty łańcuchów  $\beta$  (1,6) rozgałęzionych  $\beta$  (1,3)  $\beta$ -D-glukanów [52, 54].  $\beta$ -glukan jako taki nie jest toksyczny dla komórek nowotworowych, ale hamuje ich rozwój poprzez stymulowanie układu odpornościowego organizmu. Przyjmuje się, że  $\beta$ -D-glukany oddziałują na powierzchnię limfocytów lub na białka osocza, aktywując makrofagi, komórki żerne i limfocyty T-pomocnicze, przez co zwiększa się wytwarzanie interleukin (IL-1, IL-2) oraz interferonu (IFN-g), co z kolei hamuje rozwój komórek nowotworowych [44, 45].

Owocniki grzybów posiadają również właściwości przeciwnowotworowe związane z obecnością tyrozynazy. Ying wskazał, że pieczarka dwuzarodnikowa zawiera wysoki poziom tyrozynazy, inhibitora aro-

matazy. Aromataza jest enzymem, który przekształca androgeny w estrogeny. Zwiększona ekspresja/ilość aromatazy w tkance jest uważana jako czynnik, który zwiększa ryzyko raka piersi. Owocniki pieczarki dwuzarodnikowej okazały się również zawierać związki fitochemiczne hamujące aktywność enzymu steroidu 5- $\alpha$ -reduktazy. Steroid 5- $\alpha$ -reduktazy powoduje przemianę hormonu męskiego testosteronu do formy aktywnej znanej jako 5- $\alpha$ -dihydrotestosteron (DHT). Zastosowanie inhibitora sterydu 5- $\alpha$ -reduktazy powoduje zmniejszenie częstotliwości występowania komórek rakowych. Podobnie, jak wspomniana wcześniej aromataza, enzym ten przekształca androgeny do estrogenów, co także odgrywa istotną rolę w rozwoju raka prostaty [56].

Zdolności przeciwutleniające owocników grzybów wzmacnia obecność aminokwasów fenolowych, selenobiałek oraz wit. C. Selen jest elementem centrum aktywnego peroksydazy glutationowej, która spełnia w organizmie funkcję jednego z najistotniejszych przeciwutleniaczy [57].

Owocniki grzybów wykazują również działanie przeciwbakteryjne, które jest związane m.in. z obecnością chitosanów i chityny, przy czym zdolność hamowania rozwoju bakterii, grzybów i wirusów nasila się wraz ze zmniejszeniem masy cząsteczkowej pochodnych chityny i polega na zmianie adhezji bakterii do podłoża [58].

Chitynę i chitosany stosuje się również do leczenia otwartych ran, ponieważ znoszą uczucie bólu [59].

Według Chunchao i Guo różne frakcje błonnika zawarte w grzybach: glukany, chityna i chitozany, wykazują również działanie przeciwcukrzycowe, przeciwzapalne, przeciwutleniające, przeciwbakteryjne i przeciwwirusowe [60].

Inną grupą związków występujących w grzybach są lektyny. Ich antynowotworowe właściwości opierają się na powodowaniu apoptozy komórek nowotworowych, ale mechanizm ich działania nie jest jeszcze w pełni zrozumiały [61, 62].

Szczegółowe właściwości żywieniowe i funkcjonalne owocników grzybów jadalnych wymagają nadal intensywnych badań naukowych, zwłaszcza biorąc pod uwagę pojawienie się nowych dowodów dotyczących ich właściwości takich, jak ich właściwości prebiotyczne, hipotensyjne czy ochronne dla wątroby [1].

*Źródło finansowania:* Praca nie jest finansowana z żadnego źródła.

*Konflikt interesów:* Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

## Piśmiennictwo / References

- Cheung PCK. Nutritional value and health benefits of mushrooms. [in:] *Mushrooms as functional foods*. Cheung PCK (ed). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken 2008: 71-109.
- Hawksworth DL. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycol Res* 2001, 105(12): 1422-1432.
- Grzywacz A. Różnorodność gatunkowa – grzyby. [w:] *Różnorodność biologiczna Polski*. Andrzejewski R, Weigle A (red). Narodowa Fundacja Ochrony Środowiska, Warszawa 2003: 21-28.
- Boa E. Importance to people: food, income, trade. [in:] *Wild edible fungi: a global overview of their use and importance to people*. Boa E (ed). FAO, Rome 2004: 41-49.
- Grzywacz A. Wartość rynkowa zbiorów grzybów jadalnych z polskich lasów. *Sylwan* 2010, 154(11): 731-741.
- Singh M. Mushroom Production: an agribusiness activity. [in:] *Mushrooms: cultivation, marketing and consumption*. Singh M, Vijay B, Kamal S, Wakchaure GC (eds). Dir Mushroom Res (ICAR), Solan 2011: 1-10.
- Akbarirad H, Kazemeini SM, Shariaty MA. Deterioration and some of applied preservation techniques for common mushrooms (*Agaricus bisporus*, followed by *Lentinus edodes*, *Pleurotus spp.*). *JMBFS* 2013, 2(6): 2398-2402.
- Aida FMNA, Shuhaimi M, Yazid M, Maaruf AG. Mushrooms as a potential source of prebiotics: a review. *Trends Food Sci Technol* 2009, 20(11-12): 567-575.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 maja 2011 r. w sprawie grzybów dopuszczonych do obrotu lub produkcji przetworów grzybowych, środków spożywczych zawierających grzyby oraz uprawnień klasyfikatora grzybów i grzyboznawcy (Dz.U. 2011 nr 115, poz. 672).
- Wojciechowska-Mazurek M, Mania M, Starska K. Pierwiastki szkodliwe dla zdrowia w grzybach jadalnych w Polsce. *Bromat Chem Toksykol* 2011, 44(2): 143-149.
- O'Neil CE, Nicklas TA, Fulgoni VLI. Mushroom Intake is associated with better nutrient intake and diet quality: 2001-2010 National Health and Nutrition Examination Survey. *J Nutr Food Sci* 2013, 3: 229.
- Trajner M, Dyngus M. Krajowa produkcja, spożycie oraz promocja owoców i warzyw. *Biul Inf Agencji Rynku Rolnego* 2013, 3: 14-25.
- Głowacki S. Znaczenie gospodarcze i rekreacyjne dolnych warstw lasu. *Leśne Prace Badawcze* 2006, 3: 99-114.
- Nikkarinen M, Mertanen E. Impact of geological origin on trace element composition of edible mushrooms. *J Food Comp Anal* 2004, 17(3): 301-310.
- Tseng YH, Lee YL, Li RC, Mau JL. Non-volatile flavour components of *Ganoderma tsugae*. *Food Chem* 2005, 90(3): 409-415.
- Mattila P, Könkö K, Euroola M, et al. Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. *J Agric Food Chem* 2001, 49(5): 2343-2348.
- Grangeia C, Heleno SA, Barros L, et al. Effects of trophism on nutritional and nutraceutical potential of wild edible mushrooms. *Food Res Int* 2011, 44(4): 1029-1035.
- Vaz JA, Barros L, Martins A, et al. Phenolic profile of seventeen Portuguese wild mushrooms. *LWT Food Sci Technol* 2011, 44(1): 343-346.
- Manzi P, Aguzzi A, Pizzoferrato L. Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chem* 2001, 73(3): 321-325.
- Manzi P, Gambelli L, Marconi S, et al. Nutrients in edible mushrooms: an inter-species comparative study. *Food Chem* 1999, 65(4): 477-482.
- Mau JL, Lin HC, Chen CC. Non-volatile taste components of several medicinal mushrooms. *Food Res Int* 2001, 34(6): 521-526.
- Kalač P. A review of Kalač P. Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms. [in:] *Mushrooms: types, properties and nutrition*. Andres S, Baumann N (eds). Nova Science Publishers 2012, 6: 129-152.
- Kalač P. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *J Sci Food Agric* 2013, 93(2): 209-218.
- Pereira E, Barros L, Martins A, Ferreira ICFR. Towards chemical and nutritional inventory of Portuguese wild edible mushrooms in different habitats. *Food Chem* 2012, 130(2): 394-403.
- Bauer Petrovska B. Protein fraction in edible Macedonian mushrooms. *Eur Food Res Technol* 2001, 212(4): 469-472.
- Jaworska G, Bernaś E. Qualitative changes in *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr) Kumm mushrooms resulting from different methods of preliminary processing and period of frozen storage. *J Sci Food Agric* 2009, 89(6): 1066-1075.
- Jaworska G, Bernaś E, Biernacka A. Effect of pretreatment and storage on the amino acid content of canned mushrooms. *J Food Process Preserv* 2012, 36(3): 242-251.
- Chandrashekar J, Hoon MA, Ryba NJ, Zuker CS. The receptors and cells for mammalian taste. *Nature* 2006, 444(7117): 288-294.
- Yang JH, Lin HC, Mau JL. Non-volatile taste components of several commercial mushrooms. *Food Chem* 2001, 72(4): 465-471.
- Mau JL, Lin HC, Chen CC. Non-volatile taste components of several medicinal mushrooms. *Food Res Int* 2001, 34(6): 521-526.
- Cheung PCK. Chemical evaluation of some lesser known edible mushroom mycelia produced in submerged culture from soymilk waste. *Food Chem* 1997, 60(1): 61-65.
- Díez VA, Alvarez A. Compositional and nutritional studies on two wild edible mushrooms from northwest Spain. *Food Chem* 2001, 75(4): 417-422.
- Manzi P, Aguzzi A, Pizzoferrato L. Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chem* 2001, 73(3): 321-325.
- Manzi P, Pizzoferrato L. Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chem* 2000, 68(3): 315-318.
- Barros L, Correia DM, Ferreira ICFR, et al. Optimization of the determination of tocopherols in *Agaricus sp.* edible mushrooms by a normal phase liquid chromatographic method. *Food Chem* 2008, 110(4): 1046-1050.
- Barros L, Venturini BA, Baptista P, et al. Chemical composition and biological properties of Portuguese wild mushrooms: A comprehensive study. *J Agric Food Chem* 2008, 56(10): 3856-3862.
- Vetter J. Mineral element content of edible and poisonous macrofungi. *Acta Aliment* 1990, 19(1): 27-40.

38. Shah H, Khalil I, Jabeen S. Nutritional composition and protein quality of *Pleurotus* mushroom. *SJA* 1997, 13(6): 621-626.
39. Aletor VA. Compositional studies on edible tropical species of mushrooms. *Food Chem* 1995, 54(3): 265-268.
40. Agoroaei L, Mircea C, Butnaru C, et al. Level of nitrites and nitrates in mushrooms from polluted soil. 8th International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM. 2008, 2: 137-142.
41. Dadáková E, Pelikánová T, Kalač P. Content of biogenic amines and polyamines in some species of European wild-growing edible mushrooms. *Eur Food Res Technol* 2009, 230: 163.
42. Cheung PCK. Dietary fiber content composition of some cultivated edible mushroom fruiting bodies and mycelia. *J Agric Food Chem* 1996, 44(2): 468-471.
43. Gunde-Cimerman N, Cimerman A. *Pleurotus* fruiting bodies contain the inhibitor of 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase – Lovastatin. *Exp Mycol* 1995, 19(1): 1-6.
44. Mizuno T. Yamabushitake, *Herichium erinaceum*: bioactive substances and medicinal utilization. *Food Rev Intern* 1995, 11(1): 173-178.
45. Mizuno T. Bioactive biomolecules of mushrooms: food function and medicinal effect of mushroom fungi. *Food Rev Intern* 1995, 11(1): 5-21.
46. Ng YF. In vitro and in vivo antioxidant activity and hypocholesterolemic effect in extracts of *Agrocybe aegerita*. M. Phil. thesis. The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong 2005.
47. Endo A. Chemistry, biochemistry and pharmacology of HMG-CoA reductase inhibitors. *Klin Wochenschr* 1988, 66(10): 421-427.
48. Byerrum RU, Clarke DA, Lucas EH, et al. Tumor inhibitors in *Boletus edulis* and other holobasidiomycetes. *Antibiot Chemother* 1957, 7(1): 1-4.
49. Wasser SP, Weis AL. Therapeutic effects of substances occurring in higher Basidiomycetes mushrooms: a modern perspective. *Crit Rev Immunol* 1999, 19(1): 65-96.
50. Kiho T, Kochi M, Usui S, et al. 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(4): 291-297.
51. Kiho T, Morimoto H, Kobayashi T, et al. Effect of a polysaccharide (TAP) from the fruiting bodies of *Tremella aurantia* on glucose metabolism in mouse liver. *Biosci Biotechnol Biochem* 2000, 64(2): 417-419.
52. Kiho T, Sobue S, Ukai S. Structural features and hypoglycemic activities of two polysaccharides from a hot-water extract of *Agrocybe cylindracea*. *Carbohydr Res* 1994, 251: 81-87.
53. Kiho T, Tsujimura Y, Sakushima M, et al. Polysaccharide in fungi. XXXIII. Hypoglycemic activity of an acidic polysaccharide (AC) from *Tremella fuciformis*. *Yakugaku Zasshi* 1994, 114(5): 308-315 [Article in Japanese].
54. Kurushima H, Kodama N, Nanba H. Activities of polysaccharides obtained from *Grifola frondosa* on insulin-dependent diabetes mellitus induced by streptozotocin in mice. *Mycoscience* 2000, 41(5): 473-480.
55. Valíček P. *Houby a jejich léčivé účinky*. Start Benešov, 2011.
56. Chen S, Phung S, Kwok S, et al. Chemopreventive Properties of Mushrooms Against Breast Cancer and Prostate Cancer. *Int J Med Mushrooms* 2005, 7(3): 342-343.
57. Rajewska J, Bałasińska B. Związki biologicznie aktywne zawarte w grzybach jadalnych i ich korzystny wpływ na zdrowie. *Postepy Hig Med Dosw* 2004, 58: 352-357.
58. Synowiecki J, Al-Khateeb NAAQ. Mycelia of *Mucor rouxii* as a source of chitin and chitosan. *Food Chem* 1997, 60(4): 605-610.
59. Zerrouk N, Mennini N, Maestrelli F, et al. Comparison of the effect of chitosan and polyvinylpyrrolidone on dissolution properties and analgesic effect of naproxen. *Eur J Pharm Biopharm* 2004, 57(1): 93-99.
60. Chunchao H, Guo JY. A hypothesis: supplementation with mushroom-derived active compound modulates immunity and increases survival in response to influenza virus (H1N1) infection. *Evid Based Complement Alternat Med* 2011, 2011: 252501.
61. Koyama Y, Katsuno Y, Miyoshi N, et al. Apoptosis induction by lectin isolated from the mushroom *Boletopsis leucomelas* in U937 cells. *Biosci Biotechnol Biochem* 2002, 66(4): 784-789.
62. Liu Q, Wang H, Ng TB. First report of a xylose-specific lectin with potent hemagglutinating, antiproliferative and anti-mitogenic activities from a wild ascomycete mushroom. *Biochim Biophys Acta* 2006, 1760(12): 1914-1919.