

JOSEF AUGUSTÍN, GRAŻYNA JAWORSKA, ALEXANDER DANDÁR,  
KAMIL CEJPEK

## BOCZNIAK OSTRYGOWATY (*PLEUROTUS OSTREATUS*) JAKO ŹRÓDŁO $\beta$ -D-GLUKANÓW

### Streszczenie

W pracy scharakteryzowano aktywność biologiczną  $\beta$ -glukanów zawartych w grzybach wyższych, szczególnie w boczniku ostrygowatym.  $\beta$ -glukany są to naturalne polisacharydy stymulujące układ immunologiczny przede wszystkim poprzez aktywację makrofagów. Ponadto selektywnie obniżają poziom cholesterolu LDL we krwi. W boczniku ostrygowatym występuje pleuran, który charakteryzuje się wysoką aktywnością biologiczną. Na aktywność tę wpływają także inne związki zawarte w boczniku m.in. chityna i chitozan.

**Słowa kluczowe:**  $\beta$ -glukany, aktywność biologiczna, grzyby jadalne, bocznik ostrygowaty

### Wprowadzenie

Ostatnio dużo uwagi poświęca się badaniom dotyczącym specyficznych polisacharydów i ich kompleksów z białkami, zawartych w grzybach wyższych, czyli glukanom i glikanom [1, 15, 23]. Najważniejszym źródłem  $\beta$ -D-glukanów są ściany komórkowe drożdży *Saccharomyces cerevisiae* oraz *Sclerotium glaucum* i *Rhodotorula rubra*. Glukany występują także w bakteriach, roślinach wyższych oraz w grzybach jadalnych, szczególnie rosnących na drewnie. Jednym z głównych źródeł  $\beta$ -glukanów jest bocznik ostrygowaty. Wyizolowane z bocznika rozpuszczalne w wodzie  $\beta$ -1,3-glukany charakteryzują się wysoką aktywnością biologiczną, z wyraźnymi właściwościami stymulowania systemu immunologicznego [2, 15, 17, 22, 23].

Pod względem botanicznym bocznik ostrygowaty zaliczany jest do klasy *Basidiomycetes*. W warunkach środkowoeuropejskich gatunek ten spotykany jest na martwych pniach, kłodach i karpach drzew liściastych. Może też być uprawiany na róż-

---

Dr J. Augustín, prof. A. Dandár, Ústav biotechnológie a potravinárstva FCHPT STU Bratislava, dr hab. inż. G. Jaworska, Akademia Rolnicza w Krakowie, Katedra Surowców i Przetwórstwa Owocowo-Warzywnego, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, dr K. Cejpek, Faculta prírodných vied Univerzita Mateja Bella, Banská Bystrica

nych substratach, wytworzonych z lignocelulozowych odpadów. Owocniki bocznika występują często w postaci grup składających się z kilkunastu większych i mniejszych okazów, które wyrastają ze wspólnej podstawy lub są ułożone dachówkowato jeden nad drugim [21].

W pracy omówiono rolę i aktywność biologiczną  $\beta$ -glukanów zawartych w grzybach wyższych, szczególnie w boczniku ostrygowatym, z uwzględnieniem wartości odżywczej tego gatunku grzyba.

### **Charakterystyka wartości odżywczej bocznika ostrygowatego**

Bocznik ostrygowaty zaliczany jest do grzybów dietetycznych. Podstawowym jego składnikiem jest woda. Manzi i wsp. [10] podają kaloryczność świeżych owocników na poziomie 154 kJ. Według cytowanych autorów sucha masa stanowi od 9,6 do 13,8% świeżej masy tego grzyba. W największej ilości występują węglowodany, które stanowią 6,7% świeżej masy. Znaczna część węglowodanów to polisacharydy, wśród których wymienić należy glikogen, będący związkami zapasowymi grzybów [7], oraz związki nierozpuszczalne, takie jak: błonnik, celuloza i chityna, które pełnią ważne funkcje w procesach trawienia. Zawartość błonnika w świeżej masie bocznika wynosi 4,1-8,5 g [10, 16], a chityny 0,32 g [10]. W owocnikach grzybów jadalnych znajdują się niewielkie ilości cukrów redukujących, jednak bocznik, w przeciwieństwie do innych gatunków, zawiera znaczące ilości wolnej glukozy, mannozy, ksylozy i fruktozy. Wymienione cukry mogą stanowić nawet do 30% ogólnej ilości węglowodanów. W boczniku stwierdzono ponadto obecność galaktozy, sacharozy, maltozy, trehalozy, laktozy i rafinozy, przy czym trehalozy wykazano około 6,5%. W owocnikach bocznika występuje także mannitol w ilości 1,8% [7].

Spośród składników bocznika ostrygowatego na szczególną uwagę zasługuje białko. Manzi i wsp. [10] podają, że w świeżej masie jest go około 1,6%, natomiast według Shaha i wsp. [16] 18,1%, ale w suchej masie. Białko bocznika charakteryzuje się dużą ilością lizyny, leucyny, argininy oraz kwasu asparaginowego i glutaminowego [16]. Owocniki bocznika zawierają niewielką ilość tłuszczu, około 0,4% świeżej masy [10] lub 1,8% suchej masy [16], przy czym większość stanowią kwasy nienasycone.

Grzyby są bogatym źródłem dobrze przyswajalnych substancji mineralnych. W boczniku ostrygowatym wykazano w 100 g suchej substancji około 3 g potasu, 150 mg wapnia i 125-757 mg sodu [16]. W śladowych ilościach, w owocnikach występują takie pierwiastki, jak: jod, fluor, miedź, cynk, rtęć i mangan [19, 20].

Bocznik zawiera znaczne ilości witamin z grupy B i D. W owocnikach stwierdzono obecność tiaminy, ryboflawiny, niacyny, pirydoksyny, kwasu pantotenowego, kwasu foliowego i prowitaminy D<sub>2</sub> [8, 10, 18]. Znaczące ilości tiaminy i ryboflawiny wykazała Çağlarirmak [5], bowiem odpowiednio 0,15 i 0,21 mg w 100 g świeżej masy.

Grzyby charakteryzują się specyficznymi walorami smakowo-zapachowymi. Dotychczas wykryto i zidentyfikowano około 150 lotnych składników w różnych gatunkach grzybów, wśród których głównymi związkami odpowiedzialnymi za zapach są 1-oktanol, 3-oktanol, 3-oktanon, 1-okten-3-ol, oraz 1-okten-3-on i aldehyd benzoesowy [3, 13, 14]. Spośród nich za charakterystyczny zapach grzybów jest odpowiedzialny 1-okten-3-ol [13].

### Charakterystyka $\beta$ -glukanów

$\beta$ -glukany są polimerami składającymi się, podobnie jak celuloza, z cząsteczek  $\beta$ -D-glukozy, najczęściej sprzężonych wiązaniami  $1\beta\rightarrow3$  dla każdego trzech albo  $1\beta\rightarrow4$  dla każdego czterech jednostek glukozy. Ich łańcuch może być liniowy, bez rozgałęzień bądź z odgałęzieniami. Zawierają do około 250 000 jednostek glukozy. Rozmiar cząsteczki glukanu, jak również różnorodność łańcuchów bocznych wpływa na ich rozpuszczalność. Im prostsza jest struktura tego związku, tym z reguły lepsza jego rozpuszczalność [1, 23].

Najważniejszymi źródłami  $\beta$ -D-glukanów są ściany komórkowe drożdży *Saccharomyces cerevisiae*, *Sclerotium glaucum* i *Rhodotorula rubra*. Glukany występują także w bakteriach, roślinach wyższych, szczególnie w ziarnach zbóż, takich jak jęczmień i owies oraz w grzybach jadalnych. W zależności od źródła pochodzenia  $\beta$ -glukany różnią się strukturą chemiczną, przede wszystkim masą cząsteczkową oraz sposobem i liczbą odgałęzień łańcuchów bocznych, co z kolei wpływa na ich aktywność biologiczną. Można nawet stwierdzić, że każdy rodzaj  $\beta$ -glukanu ma specyficzną, aktywną grupę [1, 2, 17, 22]. Pod względem fizjologicznym omawiane polisacharydy wraz z innymi wielocukrami tworzą matrycę ściany komórkowej bakterii, drożdży i grzybów wyższych, tym samym je wzmacniając. Na podstawie właściwości fizykochemicznych glukany można podzielić na [1]:

- grupę reprezentowaną przez rozgałęzione  $\beta$ -1,3 glukany o dużej masie cząsteczkowej. Ich główny poliglukozowy łańcuch zwija się w wodzie w jeden do trzech kłębków. W tej grupie możemy wyróżnić zarówno rozpuszczalne, jak i nierozpuszczalne formy, takie jak pleuran, lentinian, grifolan i schizofyllan, wywodzące się odpowiednio z następujących gatunków grzybów: bocznik ostrygowaty, shiitake, żagwica listkowata (*Grifola frondosa*) i rozszczepka pospolita (*Schizophyllum commune*);
- grupę reprezentowaną przez  $\beta$ -glukany o niższej masie cząsteczkowej. Zawierają one hydrofilowe grupy glukozy oraz tworzą przypadkowe konfiguracje przestrzenne w wodzie. Do tej grupy należy np. karboksymetylo-glukan;
- grupa reprezentowana przez drobnocząsteczkowe glukany. Typowym przedstawicielem jest zymosan wyizolowany z drożdży *Saccharomyces cerevisiae* i innych podobnych organizmów;

- grupa glukanów, które w chemicznej strukturze zawierają grupę hydroksylową w  $\alpha$ -konfiguracji przy C<sub>1</sub>. Obecnie uważa się, że  $\alpha$ -glukany nie mają aktywności biologicznej ani farmakologicznej.

### Glukany grzybów wyższych

Ściany komórkowe grzybów zawierają chitynę, hemicelulozy, mangany i najbardziej interesujące składniki, jakimi są  $\beta$ -glukany. Wyizolowano wiele typów glukanów z grzybów zaliczanych do klasy *Basidiomycetes*. Są to m.in. lentinian, schizophyllan i pleuran. Izolacja wymienionych polisacharydów polega na eliminacji niskocząsteczkowych związków za pomocą 80% etanolu, a następnie ekstrakcji kolejno gorącą wodą, 2% szczawianem amonu oraz 5% wodorotlenkiem sodu. W wyniku ekstrakcji wodnej otrzymuje się frakcję polisacharydów rozpuszczalną w wodzie, a przy ekstrakcji rozpuszczalnikami alkalicznymi frakcję nierozpuszczalną [23].

Zdaniem Manzi i wsp. [11] grzyby z rodzaju *Pleurotus* sp. zawierają nawet około 414 mg  $\beta$ -glukanów w 100 g części jadalnych. Bocznik ostrygowaty w 100 g świeżej masy ma tych związków 139 mg [10], natomiast w 100 g suchej masy od 240 do 380 mg [9, 12]. W owocnikach shii-take (*Lentinula edodes*) stwierdzono 220 mg w 100 g suchej masy. Najwięcej  $\beta$ -glukanów wykazano w gatunku *Pleurotus pulmonarius*, bowiem 530 mg/100 g suchej masy [12].

Aktywność biologiczna poszczególnych rodzajów  $\beta$ -glukanów w dużej mierze zależy od budowy chemicznej, w tym przede wszystkim od ich masy cząsteczkowej oraz sposobu i liczby odgałęzień łańcuchów bocznych. Na przykład pleuran,  $\beta$ -glukan występujący w boczniku, charakteryzuje się masą cząsteczkową od 600 000 do 700 000. Wykazano, że najwyższą aktywnością charakteryzują się glukany ze stopniem odgałęzienia w zakresie 0,20-0,33 w stosunku do masy cząsteczkowej. Pleuran ma bardzo korzystny ten stopień, bowiem 0,25. W takich gatunkach jak *Poria cocos* i *Saccharomyces cerevisiae* notowano obecność pachymanu i zymozanu o stopniu rozgałęzienia 0,05-0,20 i 0,03-0,20. Wyższym stopniem rozgałęzienia omawianych związków, w zakresie 0,23-0,33, charakteryzują się glukany o nazwie lentinan, tylopilan, schizophyllan oraz skleroglukan zawarte odpowiednio w takich grzybach, jak *Lentinus edodes*, *Tylopilus peleus*, *Schizophyllum commune* oraz w rodzaju *Sclerotina* [1, 2, 17, 23]

Z reguły większą aktywność wykazują glukany rozpuszczalne w wodzie. Występujące w grzybach wyższych  $\beta$ -glukany mogą być rozpuszczalne i nierozpuszczalne. W zależności od rasy bocznik ostrygowaty zawiera od 27 do 38% frakcji rozpuszczalnych. Najwięcej frakcji rozpuszczalnych  $\beta$ -glukanów występuje w owocnikach shii-take, nawet do 46% [12].

### Aktywność biologiczna glukanów

Udowodniono bardzo silne stymulowanie systemu immunologicznego człowieka przez  $\beta$ -glukany. W wyniku tego zwiększa się odporność organizmu na choroby bakteryjne, wirusowe oraz grzybice i pasożyty. Związki te zwiększają także efektywność działania leków np. antybiotyków. Stymulacja systemu immunologicznego polega przede wszystkim na aktywowaniu neutrofilii, makrofagów, monocytów i kilku innych komórek układu odpornościowego. W wyniku aktywacji nie tylko zwiększa się przeciwbakteryjna i przeciwnowotworowa wydolność układu, ale również następuje pobudzenie produkcji przez makrofagi cytokiny, interleukiny i  $\gamma$ -interferon.  $\beta$ -glukany nie wywierają bezpośredniego toksycznego wpływu na komórki mikroorganizmów, a jedynie pobudzają do działania system immunologiczny, przede wszystkim makrofagi [1, 2, 15, 22].

$\beta$ -glukany mogą być również wykorzystane w profilaktyce i wspomaganiu leczenia chorób nowotworowych. Niektóre z tych chorób mogą być rezultatem osłabienia systemu immunologicznego. Glukany pobudzają receptory komórek układu odpornościowego, aktywując m.in. limfocyty T, które z kolei wraz z innymi limfocytami niszczą komórki rakowe. Stwierdzono, że pochodne karboksymetylowane (1 $\rightarrow$ 3)- $\alpha$ -D-glukanu wyodrębnionego z zarodników *Ganoderma lucidum* przy stosunkowo niskim stopniu substytucji (<0,28) wykazują silne działanie wzmagające namnażanie limfocytów [2]. Ekstrakty grzybowe zawierające lentinan z *Lentinula edodes* były przetestowane w próbach klinicznych. Lentinan, jak się sądzi, wydłuża życie pacjentów z rakiem żołądka.  $\beta$ -glukan wyekstrahowany z *Grifola frondosa* zmniejsza efekty uboczne chemioterapii i ból. Ekstrakty grzybowe wydają się najefektywniejsze w leczeniu bardzo małych guzów (<2-3 mm). Uważa się, że są bezpieczne do długoterminowego podawania, mogą być wymiennie stosowane z konwencjonalną terapią i skuteczne w wydłużaniu okresu przeżycia pacjenta, remisji guzów i zmniejszaniu bólu [15, 22].

Badania wskazują na niszczenie komórek nowotworowych, poprzez zahamowanie rozwoju guzów, związane z właściwościami antyproliferacyjnym i proapoptotycznym działaniem frakcji wyodrębnionej z *Pleurotus ostreatus* wobec komórek HT-29 raka jelita grubego. Wyodrębniono rozpuszczalną w wodzie na gorąco frakcję grzybni *Pleurotus ostreatus*, którą pod względem chemicznym zidentyfikowano jako  $\alpha$ -glukan o niskiej masie cząsteczkowej [2, 15, 17, 23].

Pleuran,  $\beta$ -1,3-D-glukan zawarty w boczniku ostrygowatym ma właściwości lecznicze oraz odbudowuje nabłonek. Stwierdzono, że omawiany  $\beta$ -glukan zwiększa migrację fagocytów i granulocytów bezpośrednio do ogniska zapalnego, powodując tym samym degradację mikroorganizmów [1, 23].

Innym kierunkiem badań jest możliwość wykorzystania glukanów do zmniejszenia poziomu cholesterolu we krwi. Porównywano wpływ diety z dodatkiem bocznika z dietą wzbogaconą w  $\beta$ -glukany (pleuran) wyodrębnione z bocznika na poziom cholesterolu we krwi i jego akumulację w wątrobie szczurów [4]. Bobek i wsp. [4] stwier-

dzili, że dieta zawierająca całe owocniki boczniaka wyraźnie zmniejszała poziom cholesterolu w surowicy i w wątrobie (odpowiednio do 27 i 46%) oraz znacząco obniżała stężenie koniugowanych dienów w krwinkach czerwonych i wątrobie (odpowiednio do 43 i 35%), podczas gdy dieta suplementowana  $\beta$ -glukanami nie wpłynęła na utlenianie lipidów ani aktywność enzymów przeciwutleniających. Autorzy zasugerowali, że przyspieszenie katabolizmu cholesterolu przez dietę zawierającą boczniaka jest prawdopodobnie wynikiem jednoczesnego działania kilku związków zawartych w tym gatunku grzyba, a mianowicie steroli, chityny i chitozanu, białek oraz rozpuszczalnych frakcji błonnika, czyli  $\beta$ -glukanów [4].

### Podsumowanie

$\beta$ -glukany, m.in. polisacharydy występujące w bakteriach, roślinach wyższych oraz w grzybach jadalnych, są dość zróżnicowane pod względem struktury chemicznej. Wpływa to w znacznym stopniu na aktywność biologiczną tych związków. Związki te przede wszystkim stymulują układ immunologiczny, aktywując makrofagi i przyczyniają się do produkcji cytokiny, interleukiny i  $\gamma$ -interferonu. Mogą więc być wykorzystywane w profilaktyce i wspomaganiu leczenia chorób nowotworowych. Stwierdzono także, że  $\beta$ -glukany zmniejszają poziom cholesterolu we krwi. Wspomniane wyżej właściwości ma także pleuran,  $\beta$ -glukan zawarty w boczniaku ostrygowatym. Aktywność biologiczna pleuranu jest prawdopodobnie podwyższana poprzez obecność w tkance boczniaka ostrygowatego innych związków prozdrowotnych m.in. chityny i chitozanu.

*Praca była prezentowana podczas VIII Konferencji Naukowej nt. „Żywność XXI wieku – Żywność a choroby cywilizacyjne”, Kraków, 21–22 czerwca 2007 r.*

### Literatura

- [1] Augustin J.: Glucans as modulating polysaccharides: their characteristics and isolation from microbiological sources. *Biologia*, Bratislava, 1998, **53** (3), 277-282.
- [2] Bao X., Duan J., Fang X., Fang J.: Chemical modifications of the (1 $\rightarrow$ 3)- $\alpha$ -D-glucan from spores of *Ganoderma lucidum* and investigation of their physicochemical properties and immunological activity. *Carbohydrate Res.*, 2001, **336**, 127–140.
- [3] Beltran-García M.J., Estarrón-Espinosa M., Ogura T.: Volatile compounds secreted by the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and their antibacterial activities. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, **45** (10), 4049-4052.
- [4] Bobek P., Ozdin L., Kuniak L.: Effect of oyster mushroom and isolated  $\beta$ -glukan on lipid peroxidation and on the activities of antioxidative enzymes in rats fed the cholesterol diet. *Nutr. Biochem.*, 1995, **8**, 469-471.
- [5] Çağlarımak N.: The nutrients of exotic mushrooms (*Lentinula edodes* and *Pleurotus* species) and an estimated approach to the volatile compounds. *Food Chem.*, 2007, **105**, 1188-1194.
- [6] Chovancová A., Šturdík E.: Vplyv  $\beta$ -glukánov na imunitný systém človeka. *Nová Biotechnológia*, 2005, **V-I**, 105-120.

- [7] Florczak J., Wędzisz A., Karmańska A.: Substancje biologicznie czynne grzybów wielkoowocnikowych. *Brom. Chem. Toksykol.*, 2002, **35** (4), 329-340.
- [8] Furlani R.P.Z., Godoy H.T.: Vitamins B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> contents in cultivated mushrooms. *Food Chem.*, 2008, **106** (2), 816-819.
- [9] Ko Y.-T., Lin Y.-L.: 1,3-β-glucan quantification by a fluorescence microassay and analysis of its distribution in foods. *J. Agric. Food Chem.*, 2004, **52** (11), 3313-3318.
- [10] Manzi P., Aguzzi A., Pizzoferrato L.: Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chem.*, 2001, **73** (3), 321-325.
- [11] Manzi P., Marconi S., Aguzzi A., Pizzoferrato L.: Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking. *Food Chem.*, 2004, **84**, 2, 201-206.
- [12] Manzi P., Pizzoferrato L.: Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chem.*, 2000, **68** (3), 315-318.
- [13] Mau J.-L., Beelman R.B., Ziegler G.R.: Factors affecting 1-octen-3-ol in mushrooms at harvest and during postharvest storage. *J. Food Sci.*, 1993, **58**(2), 331-334.
- [14] Mau J.-L., Lin Y.-P., Chen P.-T., Wu Y.-H., Peng J.-T.: Flavor compounds in king oyster mushrooms *Pleurotus eryngii*. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, **46** (11), 4587-4591.
- [15] Ooi V. E. C., Liu F.: Immunomodulation and anti-cancer activity of polysaccharide-protein complexes. *Cur. Med. Chem.*, 2000, **7**, 715-729.
- [16] Shah H., Iqtidar A. Khalil, Shagufta Jabeen.: Nutritional composition and protein quality of *Pleurotus* mushroom. *Sarhad J. Agric.*, 1997, **13** (6), 621-626.
- [17] Tao Y., Zhang L., Cheung P. C. K.: Physicochemical properties and antitumor activities of water-soluble native and sulfated hyperbranched mushroom polysaccharides. *Carbohydrate Res.*, 2006, **341**, 2261-2269.
- [18] Teichmann A., Dutta P.C., Staffas A., Jägerstad M. Sterol and vitamin D<sub>2</sub> concentrations in cultivated and wild grown mushrooms: Effects of UV irradiation. *Food Sci. Technol.*, 2007, **40** (5), 815-822.
- [19] Vetter J.: Mineral elements in the important cultivated mushrooms *Agaricus bisporus* and *Pleurotus osteratus*. *Food Chem.*, 1994, **50** (3), 277-279.
- [20] Watanabe T., Tsuchihashi N., Takai Y., Tanaka K., Suzuki A.: Effects of ozone exposure during cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on chemical components of the fruit bodies. *J. Japan. Soc. Food Sci. Technol.*, 1994, **41** (10), 705-708.
- [21] Yildiz A., Karakaplan M., Aydin F.: Studies on *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kum. Var *salignus* (Pers. ex Fr.) Konr. et Maubl.: cultivation, proximate composition, organic and mineral composition of carpophores. *Food Chem.*, 1998, **61** (1/2), 127-130.
- [22] Zhang P., Cheung P. C. K.: Evaluation of sulfated *Lentinus edodes* α-(1,3)-D-glukan as a potential antitumor agent. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 2002, **66** (5), 1052-1056.
- [23] Zhang M., Cui S. W., Cheung P. C. K., Wang Q.: Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. *Trends in Food Sci. Technol.*, 2007, **18**, 4-19.

### PLEUROTUS OSTREATUS AS A SOURCE OF BETA-D-GLUCANES

#### S u m m a r y

In the paper, the biological activity of beta-glucanes present in higher fungi, especially in *Pleurotus ostreatus*, was characterized. Beta-glucanes are natural polysaccharides, which stimulate the immune system mainly by activating macrophages. Moreover, they selectively reduce the level of LDL cholesterol in blood. Pleuran is contained in *Pleurotus ostreatus*; it is characterized by a high biological activity. Its biological activity is impacted by other compounds contained in *Pleurotus ostreatus*, among other things, by chitin and chitosan.

**Key words:** β-glucanes, biological activity, edible fungi, *Pleurotus ostreatus* ☒