

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE**  
**FAKULTA BIOTECHNOLÓGIE A POTRAVINÁRSTVA**  
**1126255**

**BETA-GLUKÁNY – POLYSACHARIDY RASTLÍN A**  
**MIKROORGANIZMOV**

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
FAKULTA BIOTECHNOLÓGIE A POTRAVINÁRSTVA**

**BETA-GLUKÁNY – POLYSACHARIDY RASTLÍN  
A MIKROORGANIZMOV**

**Bakalárska práca**

|                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| Študijný program:        | Agrobiotechnológia                 |
| Študijný odbor:          | 5.2.25 Biotechnológia              |
| Školiace pracovisko:     | Katedra biochémie a biotechnológie |
| Vedúci diplomovej práce: | Ing. Eva Szabová, PhD.             |

## **Čestné vyhlásenie**

Podpísaný Miloš Hedvigy vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Beta-glukány – polysacharidy rastlín a mikroorganizmov“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 14. mája 2010

Miloš Hedvigy

## **Pod'akovanie**

Ďakujem Ing. E. Szabovej, PhD za odborné vedenie a cenné rady, ktoré mi poskytla pri spracovaní práce.

## **Abstrakt**

Beta-glukány sú polysacharidy nachádzajúce sa v mnohých rastlinách a mikroorganizmoch. Ich základnou stavebnou jednotkou je glukóza, ktorá je pospájaná (1,3)-beta-glykozidickými väzbami do dlhých reťazcov. Niektoré vo svojom reťazci môžu obsahovať (1,2) alebo (1,4)-väzby. Okrem hlavného reťazca môžu byť beta-glukány aj vetvené. Vetvené beta-glukány obsahujú (1,6)-beta-glykozidické väzby. Tieto polysacharidy sa nachádzajú v mnohých eukaryotických aj prokaryotických organizmoch, v ktorých môžu byť uložené v bunkovej stene, alebo vo forme granúl v cytoplazme. Beta-glukány majú priaznivé účinky na organizmus; napr. Imunomodulačné účinky, ovplyvňujú hladinu cholesterolu, protirakovinové pôsobenie, ovplyvňujú glykémiu, absorpciu mykotoxínov, účinky na kožu a iné.

Kľúčové slová: Beta-glukány, glukóza, beta-glykozidické väzby

## **Abstract**

The beta-glucans are polysacharides find in many plants and microorganisms. The major component is glucose, which is associate (1,3)-beta-glycoside bond to long of the chain. Some can it containe (1,2) or (1,4)-bonds into of the chain. In addition to backbone of the chain can be able to branched beta-glucans. Branched beta-glucans containe (1,6)-beta-glycoside bonds. This polysacharides are find in the various eucaryont and procaryont organisms, in the those be able to rest in cell wall or at form granules in the cytoplasm. Beta-glucans have beneficial effect on organism sucha as: immunomodulation effects, effect on of cholesterol, anti-cancer effect, effects on of glycemia, effect on absorbtion mycotoxins, effects on of skin.

Key words: Beta-glucans, glucose, beta-glycoside bonds

# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Zoznam skratiek a značiek.....</b>                                | <b>7</b>  |
| <b>Úvod .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>1 CIEĽ PRÁCE .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>2 METODIKA PRÁCE .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>3 PREHLAD O SÚČASTNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY .....</b>       | <b>12</b> |
| Vláknina.....  | 12        |
| 3.1 Chemické vlastnosti a štruktúra beta-glukánov.....               | 13        |
| 3.1.1 Extrakcia, purifikácia a zistenie štruktúry beta-glukánov..... | 13        |
| 3.1.2 Lineárne (1,3)-beta-glukány .....                              | 14        |
| 3.1.3 Postranne vetvené (1,3;1,6)-beta-glukány .....                 | 15        |
| 3.1.4 Zložito vetvené (1,3;1,6)-beta-glukány.....                    | 16        |
| 3.1.5 Cyklické beta-glukány .....                                    | 18        |
| 3.1.6 Lineárne (1,3;1,4)-beta-glukány .....                          | 18        |
| 3.2 Fyzikálne vlastnosti beta-glukánov .....                         | 21        |
| 3.2.1 Tvar molekuly beta-glukánu .....                               | 21        |
| 3.2.2 Tvorba gélu .....  | 21        |
| 3.2.2.1 Vlastnosti zriedeného roztoku .....                          | 22        |
| 3.2.2.2 Vlastnosti koncentrovaného roztoku .....                     | 22        |
| 3.2.2.3 Tvorba gélu .....  | 22        |
| 3.3 Výskyt beta-glukánov.....  | 24        |
| 3.3.1 Prokaryonty.....   | 24        |
| 3.3.2 Protozoa a chromista.....                                      | 25        |
| 3.3.2.1 Euglenophyceae (červenoočká) .....                           | 25        |
| 3.3.2.2 Haptophyceae.....  | 26        |
| 3.3.2.3 Bacillariophyceae (rozsievky) .....                          | 27        |
| 3.3.2.4 Chrysophyceae (žlto-hnedé riasy) .....                       | 28        |
| 3.3.2.5 Oomycota.....  | 28        |
| 3.3.2.6 Chrysophyceae (žlto-hnedé riasy) .....                       | 29        |
| 3.3.3 Huby, kvasinky a lišajníky.....                                | 30        |
| 3.3.3.1 Huby a kvasinky .....  | 31        |
| 3.3.3.2 Lišajníky .....  | 32        |
| 3.3.4 Vyššie rastliny.....   | 32        |

|       |   |           |
|-------|---|-----------|
| 3.4   | Účinky beta-glukánov na organizmus .....      | 34        |
| 3.4.1 | Imunomodulačné účinky.....                    | 34        |
| 3.4.2 | Účinky na hladinu cholesterolu .....          | 37        |
| 3.4.3 | Protinádorová aktivita.....                   | 38        |
| 3.4.4 | Antimikrobiálna a antivírusová aktivita ..... | 39        |
| 3.4.5 | Účinky na glykémiu.....                       | 39        |
| 3.4.6 | Absorbcia mykotoxínov.....                    | 40        |
| 3.4.6 | Účinky na kožu .....                          | 40        |
|       | <b>Záver .....</b>                            | <b>42</b> |
|       | <b>Zoznam použitej literatúry .....</b>       | <b>43</b> |

---

## Zoznam skratiek a značiek

|          |  |
|----------|--|
| DMSO     | <b>D</b> imetylsulfoxid  |
| kDa      | <b>k</b> ilo <b>D</b> alton  |
| NMR      | <b>N</b> uclear <b>M</b> agnetic <b>R</b> esonantion (Nukleárna magnetická rezonancia) |
| UDP      | <b>U</b> ridíndifosfát   |
| DP       | <b>D</b> egree of <b>P</b> olymerization (Stupeň polymerizácie)                        |
| PRRs     | <b>P</b> attern <b>R</b> ecognition <b>R</b> eceptors                                  |
| PAMPs    | <b>P</b> athogen <b>A</b> ssociated <b>M</b> olecular <b>P</b> atterns                 |
| TLR2     | <b>T</b> oll <b>L</b> ike <b>R</b> eceptor <b>2</b>                                    |
| CR 2     | <b>C</b> omplement <b>R</b> eceptor <b>2</b>   |
| NK-bunky | <b>N</b> atural <b>K</b> illers (Prirodzené zabíjače)                                  |
| LDL      | <b>L</b> ow- <b>D</b> ensity <b>L</b> ipoprotein (Lipoproteíny s nízkou hustotou)      |
| HDL      | <b>H</b> igh- <b>D</b> ensity <b>L</b> ipoprotein (Lipoproteíny s vysokou hustotou)    |
| DMT2     | <b>D</b> iabetes <b>M</b> ellitus <b>T</b> ype <b>2</b> (Cukrovka 2. typu)             |
| CPS      | <b>C</b> apsular <b>p</b> olysaccharide (Polysacharidové puzdro)                       |



---

## Úvod

Vo všeobecnosti sacharidy predstavujú neodmysliteľnú súčasť života celej biosféry. Ich najdôležitejšia vlastnosť je zdroj energie a uhlíka pre chemoorganotrofné organizmy. Poznáme však aj iné vlastnosti sacharidov, ktoré sú charakteristické najmä pre zložité polysacharidy. Práve ich štruktúrna zložitosť im zabezpečuje mnohé už poznané prípadne ešte neznáme vlastnosti. Významná vlastnosť polysacharidov je ich schopnosť tvoriť zásoby a v prípade ich nedostatku v prostredí sa spotrebávajú na udržanie životných funkcií. Ukladajú sa aj v bunkovej stene a tým sa podieľajú na pevnosti bunkovej steny a tým aj celej bunky. Mnohé polysacharidy sú súčasťou vlákniny, ktorá je dôležitá pre zabezpečenie zdravého črevného ústrojenstva. Medzi tieto polysacharidy patria aj beta-glukány.

V posledných rokoch sa vedecké štúdie venujú objasňovaniu štruktúry týchto biopolymérov. Poznanie štruktúry beta-glukánov je dôležité pre odhalenie ich účinkov na organizmus. Pozornosť sa upriamuje najmä na imunomodulačné účinky a prevenciu rakoviny.

Práca popisuje najvýznamnejšie typy beta-glukánov, ich štruktúru a výskyt. Stručne charakterizuje metódy, pomocou ktorých sa môžu jednotlivé beta-glukány izolovať. Tiež sú v práci popísané niektoré priaznivé účinky beta-glukánov na organizmus.

---

# 1 CIEĽ PRÁCE

Cieľom záverečnej bakalárskej práce bola:

- charakteristika a výskyt prírodných polysacharidov, beta-glukánov, v rastlinách, riasach, kvasinkách a vláknitých hubách,
- popísanie vplyvu beta glukánov na imunitný systém a zdravie človeka.

---

## **2 METODIKA PRÁCE**

Vzhľadom na kompilačný charakter bakalárskej práce som sa zameril na štúdium dostupných informačných zdrojov a dostupných odborných publikácií, zaoberajúcich sa biochemickou charakteristikou prírodných polysacharidov, beta-glukánov. Mojou snahou bolo zhromaždiť čo najviac informácií potrebných k úspešnému splneniu vytýčených cieľov. Najväčším zdrojom informácií boli pre mňa odborné a vedecké práce, prístupné v elektronickej forme vo vedeckých databázach.

---

## 3 PREHĽAD O SÚČASTNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

### Vláknina

To, čo nazývame vlákninou, je definované ako tá časť rastlinnej potravy, ktorá odoláva tráveniu a vstrebávaniu v tenkom čreve a je čiastočne alebo úplne fermentovaná v hrubom čreve. Na základe rozpustnosti vo vode sa vláknina rozdeľuje na vlákninu rozpustnú a vlákninu nerozpustnú. Medzi rozpustnú vlákninu patrí pektín, gummy a slizy. Medzi nerozpustnú vlákninu zaraďujeme celulózu, hemicelulózu a lignín. Bohatým zdrojom rozpustnej vlákniny je ovos, ovocie a zelenina je tiež dôležitým zdrojom rozpustnej vlákniny, aj keď v menšej miere, obsahuje najmä pektín. Strukoviny (fazuľa, sója, hrach) sú zdrojom oboch typov vlákniny (De Mello, Laaksonen, 2009).

Beta-glukány sú významnou zložkou vlákniny cereálií, ktorú tvoria nerozvetvené polysacharidy zložené z glukózových jednotiek, ktoré sú pospájané (1,3) a (1,4)-beta-glykozidickými väzbami. Spomedzi všetkých obilnín najviac beta-glukánov obsahuje jačmeň (3-11 % sušiny) a ovos (3-7 % sušiny). Pšenica nie je vzácna obsahom beta-glukánov, obsahuje ich menej ako 1 % sušiny. Tieto polysacharidy sú obvykle koncentrované vo vnútorných aleurónových bunkových stenách alebo subaleurónových bunkových stenách endospermu zrn (Chovancová a Šturdík, 2005).

### 3.1 Chemické vlastnosti a štruktúra beta-glukánov

Podľa Chovancovej a Šturdíka (2005) sú to polysacharidy s dlhým reťazcom, kde jediným štruktúrnym komponentom je glukóza (hexóza). V reťazci je viazaná väzbami v pozíciách 1,3 a 1,6. Menšie postranné reťazce sa rozvetvujú z hlavného reťazca polysacharidu. Najaktívnejšou formou (1,3)-beta-glukánov sú tie, ktoré obsahujú postranné reťazce v pozíciách 1,6 a rozvetvujú sa z dlhšieho (1,3)-beta-glukánového hlavného reťazca. Autori ďalej uvádzajú, že okrem monomérových jednotiek a charakteru ich väzby, do primárnej štruktúry glukánov patrí ešte poloha glykozidovej väzby, stereochemická príslušnosť k  $\alpha$ -konfigurácii alebo  $\beta$ -konfigurácii a

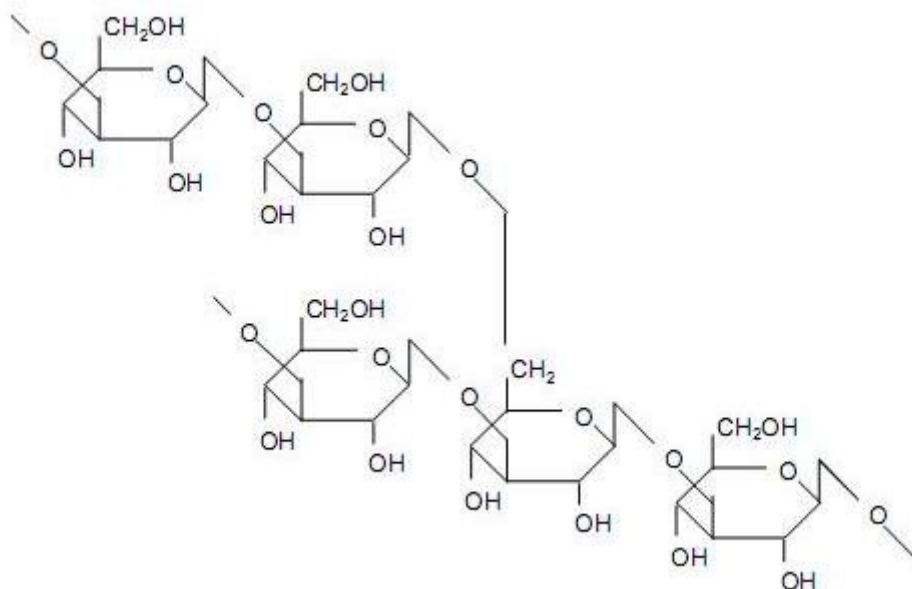
---

veľkosť kruhu cyklickej formy glukózovej jednotky (furanózová alebo pyranózová forma). Ak monosacharidové jednotky nasledujú v reťazci za sebou a obsahujú len jeden druh väzby, prípadne sa v tom istom smere striedajú rozličné väzby, vznikajú lineárne polysacharidy, napr. amyloza-1,4-glukán. Štruktúra glukánu má mimoriadny význam pri aktivácii imunitného systému. Rozhodujúce sú preto postranné reťazce vychádzajúce z hlavného reťazca. Viacpočetné vetvenie glukánu a jeho vyššia molekulová hmotnosť zvyšuje aktiváciu imunitného systému.

Podľa Nováka (2007) môžeme beta-glukány rozdeľovať do dvoch veľkých skupín:

- ❖ Rozpustné vo vode (tvoriace vo vode gél), ktoré môžeme ďalej deliť na:
  - Vysokomolekulárne beta-glukány
  - Lineárne beta-glukány
  - Chemicky modifikované beta-glukány
- ❖ Nerozpustné vo vode

Beta-glukány prvej skupiny sú navyše rozpustné aj v alkalických roztokoch. V poslednej dobe bol vyslovený predpoklad, že rozpustnosť alebo nerozpustnosť beta-glukánov v alkalických roztokoch je spojená s ich previazanosťou s chitínom.



**Obr. 1 Molekulárny vzorec (1,3)-beta-glukánu (Chovancová a Šturdík, 2005)**

---

### 3.1.1 Extrakcia, purifikácia a zistenie štruktúry beta-glukánov

Mnoho beta-glukánov, obzvlášť s nižším stupňom polymerizácie je rozpustných v rozpúšťadlách ako dimetylsulfoxid (DMSO), kyselina mravčia a roztokoch ako N-metylmorfolino-N-oxid, chlorid lítny a dimetylacetamid. Základné riedenie pre rozpustnosť beta-glukánov je  $0,25 \text{ mol.dm}^{-3}$  NaOH. Ionizácia veľmi slabých kyslých hydroxylových skupín vedie k narušeniu organizácie reťazcov. Kvôli náchylnosti beta-glukánov k „alkalickému odlupovaniu“ z redukujúcich koncov sa na zamedzenie tejto reakcie používa borohydrid sodný (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Rozpustnosť beta-glukánov je dôležitá vlastnosť pre purifikáciu, ktorá sa dosahuje frakčným zrážaním alebo gélovou chromatografiou. Heteropolymérne komplexy obsahujúce zložito vetvené (1,3;1,6)-beta-glukány, ktoré majú narušené kovalentné väzby (napr. kyslou hydrolyzou) sú odolné voči rozpustnosti v alkáliách. A tak opakovaným použitím už spomínaných techník sa získavajú beta-glukány z heteropolymérnych komplexov v *S. cerevisiae*. Používaním kyseliny sa stráca jemná štruktúra zložito vetvených (1,3;1,6)-beta-glukánov (Bacic, Fincher a Stone, 2009). Väčšina beta-glukánov je rozpustná v DMSO o koncentrácii až  $25 \text{ mg.cm}^{-3}$ . Dimetylsulfoxid je významné rozpúšťadlo pre beta-glukány s vyššou molekulovou hmotnosťou. Glukány, ktorých molekulová hmotnosť je menšia ako 20 kDa, sa účinne rozpúšťajú aj vo vode. Avšak DMSO sa často používa aj pri analýze vo vode rozpustných glukánov, pretože je väčšia možnosť rozlíšenia aj malých pík (Young a Castranova, 2005).

Štruktúra beta-glukánov, a iných podobných molekúl, bola určená technikami konvenčnej metylácie a oxidácie jodistanom. Avšak zvyšky postranných (1,3;1,6)-reťazcov, ktoré majú nedostatok hydroxylových skupín, sú odolné voči oxidácii jodistanom (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

NMR (Nukleárna magnetická rezonancia) poskytuje podrobné informácie o konfigurácii glukózových jednotiek a o type väzby. V určitých prípadoch analýza produktov tejto metódy poskytuje informácie o jemnej štruktúre, ktorá je inak ťažko identifikovateľná (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

---

### 3.1.2 Lineárne (1,3)-beta-glukány

#### Curdlan

Patrí medzi (1,3)-beta-glukán a farbí sa anilínovou modrou, prípadne fluorochrómom. Vyskytuje sa v puzdre gram-negatívnych baktérií patriacich do Rhizobiaceae (napr. *Agrobacterium tumefaciens*, *Rhizobium* sp.). Obsahujú ho tiež gram-pozitívne baktérie *Cellulomonas falvigena* a *Bacillus* sp. (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Tento beta-glukán je lineárny, nevetvený. Nerozpúšťa sa vo vode, ale je rozpustný v zriedených alkalických roztokoch ( $0,25 \text{ mol.dm}^{-3}$  NaOH). Keďže je vo vode nerozpustný, na jeho izoláciu sa používajú bezvodé rozpúšťadlá. (Slodki a Cadmus, 1979).

#### Paramylon

Je to nerozpustný, lineárny (1,3)-beta-glukán, prirodzene sa vyskytujúci v kryštalickej forme, s vysokou molekulovou hmotnosťou. Nachádza sa vo forme granúl v cytoplazme riasy *Euglena gracilis* a v prvoku *Peranema Trichophorum* (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Zrníčka paramylonu sú vysoko kryštalické a unikátne v porovnaní s inými zásobnými sacharidmi. Cytoplazmatická membrána týchto rias sa od iných odlišuje tým, že zásobné granule beta-glukánu sú na ňu priamo naviazané (Kiss, et al., 1987).

#### Pachynan

Bazídiomycéty, napr. *Poria cocos*, obsahujú pachynan ako hlavnú zložku svojich hýf. Patrí medzi (1,3)-beta-glukány, je lineárny a nerozpustný. Vo vodných roztokoch alebo DMSO tvorí zhluky pri pohlcovaní vlhkosti (Ding, et al., 2001).

#### Callosa

Je to typ (1,3)-beta-glukánu. Tento glukán identifikujeme farbivom anilínovou modrou alebo fluorochrómom. Môžeme ho tiež identifikovať špecificky značenými protilátkami. Callosa sa vyskytuje vo vnútornej vrstve peľového zrna rastliny *Nicotiana glauca*, kde tvorí spolu s celulórou hlavnú polysacharidovú zložku. Síce (1,3)-beta-

---

glykozidické väzby sú v callose dominantné, ale boli nájdené aj (1,6)-beta-glykozidické väzby (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Beta-glukány z *Conidiobolus* a *Entomophthora*

Niekoľko húb z radu Entomophthorales patriacich do triedy Zygomycét obsahuje lineárny (1,3)-beta-glukán v bunkových stenách svojich hýf. Sú to *Entomophthora aulicae*, *E. culicis*, *E. neoaphidis*, *Zoophthora radicans* a *Conidiobolus obscurus*. Bunkové steny hýf huby *E. aulicae* sú schopné reagovať s anilínovou modrou, alebo so špecifickými protilátkami (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

### 3.1.3 Postranne vetvené (1,3;1,6)-beta-glukány

Laminarín

Laminarín je uhľovodíkový extrakt, hrubý ekvivalent škrobu, ktorý sa nachádza v rastlinách, je získavaný z hnedých rias. Tieto laminaríny sú druhom nízkomolekulárneho zásobného beta-glukánu skladajúceho sa z (1,3)-beta-glukopyranózových reťazcov, ktoré obsahujú niekoľko (1,6)-vetvení (Zekovic et al., 2005).

Skladá sa z relatívne krátkych reťazcov (stupeň polymerizácie je 31-40). U niektorých je stupeň polymerizácie iba 12. Niektoré reťazce môžu obsahovať manitolové a N-acetylhexóزامínové zvyšky (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Mykolaminarín

Mykolaminaríny tvoria skupinu vo vode rozpustných, rozvetvených (1,3;1,6)-beta-glukánov. Niektoré mykolaminaríny majú glukózu fosforylovanú. V hube *Achyla bisexualis* je mykolaminarín lokalizovaný vo veľkých pľuzgierikoch v hýfách a je prítomný v dvoch formách, neutrálnej a fosforylovanej (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Chrysolaminarín

Tento polysacharid tvorí zásobu glukózy jednobunkovcov chrysophyceae (napr. *Ochromonas malhamensis*). Molekula chrysolaminarínu je podobná klasickému



---

laminarínu s tým rozdielom, že neobsahuje zvyšky manitolu. Sú to prevažne (1,3)- $\beta$ -glukány so stupňom polymerizácie 12-13 a relatívne nízkym podielom postranných reťazcov (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

**Tab. 1 Zdroje beta-glukánov u rias (Zekovic, et al., 2005).**

| <b>Zdroj beta-glukánov</b> | <b>Beta-glukán</b> |
|----------------------------|--------------------|
| krásnoočka                 | paramylon          |
| hnedé riasy                | laminarín          |
| rozsievky                  | chrysolaminarín    |
| chrysofyty                 | chrysolaminarín    |

### **3.1.4 Zložito vetvené (1,3,1,6)-beta-glukány**

#### Lentinan

Tento polysacharid je zložený z lineárneho (1,3)-väzbového reťazca s postrannými (1,6)-väzbovými vetvami. Je extrahovaný z *Lentinus edodes*. Vo vode je rozpustný a purifikovaný prostredníctvom organických rozpúšťadiel (Lu, 2008).

#### Beta-glukán z kvasiniek *Saccharomyces cerevisiae*

Bunková stena kvasiniek *Saccharomyces cerevisiae* obsahuje ako hlavný štruktúrny komponent svojej bunkovej steny vetvený (1,3;1,6)-beta-glukán. Obsahuje neredukujúce konce, ktoré slúžia na kovalentné spojenie s inými polysacharidmi. Na kvasinkový beta-glukán môže byť kovalentne naviazaný chitín, prípadne mannoproteíny, ktoré sa nachádzajú na vonkajšej strane molekuly. Tento beta-glukán je nerozpustný v horúcich alkalických roztokoch (75°C, 0,75 mol.dm<sup>-3</sup>) kvôli jeho interakciám s kovalentne viazaným chitínom (Klis et al., 2006).

**Tab. 2 Zloženie bunkovej steny *Saccharomyces cerevisiae* (Mazáň, Mazáňová a Farkaš, 2006 )**

| Makromolekula     | Hmotnosť sušiny, % | Miesto syntézy | Stupeň polymerizácie | Vetvenie |
|-------------------|--------------------|----------------|----------------------|----------|
| Mannoproteíny     | 35-40              | Sekrečná cesta | 200                  | Vysoké   |
| (1,6)-beta-glukán | 5-10               | PM?            | 140                  | Vysoké   |
| (1,3)-beta-glukán | 50-55              | PM             | 1500                 | Stredné  |
| Chitín            | 1-2                | PM             | 190                  | Lineárne |

PM – Plazmatická membrána (miesto syntézy beta-1,6-glukánu nie je dostatočne preukázané)

#### Pleuran

Špecifický beta-glukán bol izolovaný z *Pleurotus ostreatus* a *Pleurotus eryngii*. Tento typ polysacharidu môže byť rozpustný vo vode a v alkalických roztokoch. U vetveného (1,3;1,6)-beta-glukánu prevládala rozpustnosť vo vode, zatiaľ čo u lineárneho (1,3)-beta-glukánu rozpustnosť v alkalických roztokoch. (1,3;1,6)-beta-glukán obsahoval aj značné množstvo bielkovín. Lineárny polysacharid obsahoval bezvýznamné množstvo bielkovín. Nerozpustný polysacharid obsahoval malé množstvo chitínu ako súčasť komplexu chitín-glukán (Synytsya et al., 2008).

#### Beta-glukán z huby *Candida albicans*

Huba *Candida albicans* obsahuje v stenách svojich hýf (1,3;1,6)-beta-glukán, ktorý je nerozpustný v alkalických roztokoch. Spája sa s chitínom a (1,6)-beta-glukánom (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

#### Beta-glukán z huby *Aspergillus fumigatus*

Neredukujúcimi koncami je spojený s chitínom, galaktomannanom, prípadne (1,3;1,4)-beta-glukánom. (1,3;1,6)-beta-glukán obsahuje 4% (1,6)-väzieb. Tento

---

heteropolysacharid je nerozpustný v alkalických roztokoch (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Beta-glukán z huby *Pythium aphanidermatum*

Táto huba, ktorá patrí do oomycét, obsahuje vo svojej stene 18% celulózy a 82% (1,3;1,6)-beta-glukánu. Vodou s teplotou 121 °C sa vyextrahuje 33 % necelulóзовého glukánu so 6 %-ným obsahom (1,6)-väzieb. Pomocou kyseliny trifluóroctovej na uvoľní 55% necelulóзовého glukánu s obsahom (1,6)-väzieb 14% a (1,4)-väzieb 8% (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

### 3.1.5 Cyklické (1,2)-beta-glukány

Cyklické (1,2)-beta-glukány produkujú baktérie rodu *Rhizobium*. Ich syntéza sa uskutočňuje kovalentným viazaním s membránovým proteínom. Na základe predĺženia polymérov o 15-25 glukózových jednotiek sú oligosacharidy cyklizované a uvoľňované z tohto komplexu. Je pravdepodobné, že syntéza cyklických beta-glukánov vyžaduje prinajmenšom tri enzymatické aktivity: (1) prenos prvej glukózy ku aminokyseline proteínu, (2) elongácia reťazca polysacharidu, (3) cyklizácia a uvoľnenie od proteínu (De Castro et al., 1996).

### 3.1.6 Lineárne (1,3;1,4)-beta-glukány

Beta-glukán z obilnín a tráv

Tento typ beta-glukánu je lineárny, nevetvený a nachádza sa v bunkových stenách obilnín a tráv. Pomer (1,3) a (1,4)-väzieb má významný vplyv na fyzikálno-chemické vlastnosti tohto polysacharidu (Fincher, 2009).

Obilniny sú pozoruhodné pre rozmanité zloženie ich bunkovej steny, ktorá obsahuje menej pektínu a xyloglukánu, ale viac heteroxylánu ako steny iných vyšších rastlín. Bunkové steny obilnín obsahujú najväčšie množstvo (1,3) a (1,4)-beta-glukánov. Zloženie stien vo vybraných rastlinných orgánoch je uvedené v tabuľke 3. V mnohých prípadoch sú zložky stien spojené s využitím danej rastliny (Fincher, 2009).

Rozpustnosť vo vode je závislá od štruktúry. Čím viac obsahuje molekula (1,4)-väzieb, tým je rozpustnosť nižšia. Najvyššiu rozpustnosť majú molekuly obsahujúce približne 30 % (1,3)-väzieb a 70 % (1,4)-väzieb. V obilninách rozpustnosť beta-glukánu klesá v poradí: ovos → jačmeň → pšenica (Gajdošová, et al., 2007).

**Tab. 3 Porovnanie obsahu polysacharidov jačmeňa v rôznych pletivách (Fincher, 2009).**

| Časť rastliny     | Celulóza | Obsah $\beta$ -glukánov | Hetero-xylán | Xylo-glukán | Pektín    |
|-------------------|----------|-------------------------|--------------|-------------|-----------|
| Endosperm         | 3%       | 70%                     | 20%          | Skúmané     | Nezistené |
| Aleurónová vrstva | 2%       | 26%                     | 71%          | Nezistené   | Nezistené |
| Koleoptila        | 35%      | 10%                     | 32%          | 10%         | 12%       |
| List              | 63%      | 16%                     | 11%          | Skúmané     | 5%        |
| Stonka            | 65%      | 5%                      | 28%          | Nezistené   | Nezistené |

#### Prasličkový beta-glukán

Väčšina typov bunkových stien prasličky *Equisetum arvense*, s výnimkou vodivých pletív, obsahuje značné množstvo beta-glukánu. Postupnosť väzieb nie je náhodná. Jedna (1,3)-väzba je oddelená dvomi alebo tromi glukózovými zvyškami prepojenými (1,4)-väzbami. Pozostáva z väčšieho množstva tetramérových než z trimérových glukózových zvyškov (Sorensen et al., 2008).

#### Lišajníkový beta-glukán

Tento beta-glukán sa nachádza v Islandskom machu *Cetraria islandica*. Pomer (1,3) ku (1,4)-väzbám je 1:2. Extrahuje sa horúcou vodou. V porovnaní s beta-glukánom z obilnín má vyšší podiel tri a tetramérových jednotiek (Stubler a Buchenauer, 1994).

---

### Hubový beta-glukán

Je súčasťou heteropolysacharidového komplexu, ktorý je prítomný v hube *Aspergillus fumigatus* spolu s (1,3;1,6)-beta-glukánom. V zásaditých roztokoch je nerozpustný (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

### Beta-glukán z červených rias

Bunková stena červenej riasy *Kappaphycus alvarezii* obsahuje tento typ beta-glukánu, ktorý je rozpustný v zásaditých roztokoch ( $1,5 \text{ mol.dm}^{-3}$  NaOH). Skladá sa zo 180 glukózových zvyškov a obsahuje 92% (1,4)-väzieb a 8% (1,3)-väzieb. Niektoré červené riasy obsahujú vo vode a zásadách rozpustné (1,3;1,4)-beta-xylány, ktoré sú homomorfné s lineárnymi (1,3;1,4)-beta-glukánmi (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

---

## 3.2 Fyzikálno-chemické vlastnosti beta-glukánov

Odlišné mikroorganizmy môžu produkovať beta-glukány s rôznymi fyzikálno-chemickými vlastnosťami. Väčšina beta-glukánov bolo získaných izoláciou s použitím množstva extrakčných postupov. Fyzikálno-chemické metódy majú význam pri určovaní molekulovej hmotnosti, správania sa roztoku a tvaru molekuly beta-glukánu (Young a Castranova, 2005).

### 3.2.1 Tvar molekuly beta-glukánov

Poznáme dva tvary týchto molekúl: jednoduchá závitnica (single helix) a trojitá závitnica (triple helix). Trojitá závitnica je stabilizovaná prostredníctvom vodíkových väzieb na C2 hydroxyle, ktorý je umiestnený v strede špirály (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Tieto polysacharidy sa skladajú z kruhových monomérnych jednotiek, ktoré sú prepojené glykozidickými väzbami. Monomérna jednotka odovzdáva pevnosť celému reťazcu nielen svojou pevnosťou, ale aj prostredníctvom značného množstva možných priestorových úprav s protiľahlými jednotkami. Výnimkou sú (1,6)-väzby, ktorými sa napája bočný reťazec k hlavnému, lineárnemu, čo daným väzbám umožňuje väčšiu konformačnú voľnosť (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Pretože zvyškové monoméry sú pomerne pevné, celkový tvar prijatý monomérmi je určený geometriou okolo glykozidickej väzby. Obzvlášť torzný uhol určuje orientáciu príľahlých jednotiek, ktorých súčet zabezpečuje celkový tvar polyméru (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

### 3.2.2 Roztoky a gély beta-glukánov

Zriedené roztoky obsahujú polyméry, ktoré sa medzi sebou vôbec alebo len málo prekrývajú, zatiaľ čo polyméry zahusteného roztoku sa prekrývajú, majú schopnosť sa medzi sebou zapleť a tým majú väčšiu úroveň členitosti. Nemajú však dlhotrvajúce väzby potrebné pre vytvorenie gélu (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

---

### 3.2.2.1 Vlastnosti zriedeného roztoku

Zriedený roztok beta-glukánov má vysokú viskozitu kvôli tuhosti ich reťazcov. Curdlan je nerozpustný vo vode. Jeho nerozpustnosť je pripisovaná značnému množstvu vodíkových mostíkov v molekule. Metódou NMR sa preukázala zmena trojitej závitnice na nepravidelné vinutie pôsobením NaOH. Koncentrácia 0,19 až 0,24 mol.dm<sup>-3</sup> NaOH mala vplyv na tento efekt. Pri koncentrácii NaOH 0,05-0,1 mol.dm<sup>-3</sup> sa viskozita znižovala a pri koncentrácii 0,25 mol.dm<sup>-3</sup> sa zaznamenala úplná disociácia trojitej špirály na jednoduchú (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

### 3.2.2.2 Vlastnosti koncentrovaného roztoku

#### Obilné (1,3;1,4)-beta-glukány

(1,3;1,4)-beta-glukány izolované z jačmeňa, ovsu a pšenice pozostávajú z (1,3)-väzieb a menšieho počtu (1,4)-väzieb nasledujúcich za sebou. Beta-glukán zo pšenice má pravidelnejšiu štruktúru, z toho dôvodu má aj väčšiu schopnosť kryštalizácie a horšiu rozpustnosť vo vode v porovnaní s inými obilnými beta-glukánmi (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Miera asociácie curdlanových molekúl sa zvyšuje so znižovaním zásaditej koncentrácie. Viskóznno-elastické vlastnosti závisia od zásaditej koncentrácie. Curdlan v DMSO sa správa ako koncentrovaný polymérny roztok, podobné správanie bolo zaznamenané aj pri koncentráciách NaOH vyšších ako 0,05% (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

### 3.2.2.3 Tvorba gélu

#### Curdlan

Tvorba gélu pri curdlane sa uskutočňuje pôsobením tepla. Hydratované gély vznikajú zahrievaním vodného roztoku tohto glukánu. Okrem tepla na gélovanie

---

curdlanu pôsobí molekulárna hmotnosť, stupeň výhrevnosti, koncentrácia pridaných anorganických solí (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Gél vzniká pri teplote 100-130 °C. So zvyšovaním teploty sa zvyšuje aj tvar a sila gélu. Tento gél je stabilný proti mrazeniu a topeniu. Starnutie gélu curdlanu po mrazení a topení bolo zredukované z 20,6% na 2,1% po pridaní 5% kukuričného škrobu a na 8,9% po pridaní 20% sacharózy (Nakao, 1989).

#### Postranne vetvené (1,3;1,6)-beta-glukány

Roztoky skleroglukánu (0,2%) sa správajú ako zapletené polyméry, zatiaľ čo roztok s koncentráciou 1-2% sa správa ako slabý gél (označovaný aj ako štruktúrovaná kvapalina). Schizofylan je schopný vytvoriť slabý gél len keď sú jeho vodné roztoky ochladené. Pridanie určitých malých molekúl (borax, sorbitol) môže viesť k relatívne silnému gélu. Väzby medzi reťazcami utvorené v géle vplyvom boraxu sú nestále (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

#### (1,3;1,4)-beta-glukány

Zistilo sa, že stupeň tvorby gélu sa znižoval s klesajúcou koncentráciou a rastúcou molekulovou hmotnosťou beta-glukánu. Účinok koncentrácie bol pripisovaný zvýšenému kontaktu medzi závitnicami reťazcov a molekulová hmotnosť bola pripisovaná mobilite kratších reťazcov. Tvorba gélu bola najrýchlejšia v lišajníkovom a najpomalšia pri ovsenom (1,3;1,4)-beta-glukáne. Stupeň tvorby gélu sa zvýšil so stúpajúcou koncentráciou v jačmennom a ovsenom (1,3;1,4)-beta-glukáne (Bacic, Fincher a Stone, 2009).



---

### 3.3 Výskyt beta-glukánov

#### 3.3.1 Prokaryonty

Beta-glukán sa nachádza u gram-negatívnych a gram-pozitívnych baktérií v extracelulárnom puzdre. Zaráďujeme sem (1,3)-beta-glukán (Curdlan) u *Agrobacterium* sp., *Cellulomonas* sp. a (1,3;1,2)-beta-glukán u *Streptococcus pneumoniae*. Ostatné sú vylučované do periplazmatického priestoru, napr. (1,3;1,6)-beta-glukán u *Bradyrhizobium* sp. (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

#### Curdlan

Tento typ polysacharidu je produkovaný u baktérií rodu *Agrobacterium*. Produkujú ho tiež gram-pozitívne baktérie z dvoch rodov: *Cellulomonas* (*C. flavigena*) a *Bacillus* (*B. brevis*, *B. cereus*) (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

#### Cyklický beta-glukán

Tento typ beta-glukánu má reťazec uzavretý do kruhu. Môže obsahovať (1,2)-väzby. Takýto typ polysacharidu je produkovaný baktériami *Agrobacterium*, *Rhizobium* a *Brucella*. Obsahuje 17 – 40 glukózových zvyškov. Iný typ beta-glukánu má vo svojom kruhu glukózu pospájanú (1,3) a (1,6)-väzbami. Nachádza sa v ňom menej glukózových zvyškov (10-13). Môžeme ho nájsť v baktériách fixujúcich vzdušný dusík (nitrogénnych), napr. *Bradyrhizobium japonicum*, ktorá vytvára symbiózu s koreňmi *Glycine max*, alebo *Rhizobium loti*, s koreňmi *Lupinus*. Taktiež môžeme beta-glukán nájsť v nitrogénnych baktériách *Azorhizobium caulinodans* symbiotizujúcich s tropickou strukovinou *Sesbania rostrata* (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

*Streptococcus pneumoniae* patrí medzi gram-pozitívne baktérie. Je to patogén spôsobujúci zápal pľúc. Túto baktériu obklopuje polysacharidové puzdro (CPS), ktoré jej zabezpečuje ochranu voči imunitným mechanizmom počas infekcie. Existuje mnoho typov CPS. Polysacharid tejto baktérie sa nachádza v type 37 CPS. Skladá sa z vetveného (1,3;1,2)-beta-glukánu (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

---

### 3.3.2 Protozoa a Chromista

#### 3.3.2.1 Euglenophyceae

Euglény sú jednobunkové bičíkovce, ktoré zahŕňajú približne 40 rodov a 1000 druhov. Väčšina sa vyskytuje v sladkých vodách. Aj keď väčšina sú fototrofy, ktoré obsahujú chloroplasty, niektoré sa radia aj k heterotrofom. Zásobný polysacharid je tu paramylon, ktorý sa nachádza vo forme granúl v cytoplazme. Tento polysacharid je významný hlavne pre jeho imunomodulačnú schopnosť. Euglény nemajú bunkovú stenu, ale plazmatická membrána je pokrytá bielkovinovou blanou. Tiež môžu byť bunky pokryté tenkou vrstvou slizu. Zásobný polysacharid v euglénach bol ako prvý objavený v *Euglena gracillis*. Röntgenovým žiarením a reakciou s jódom sa zistilo, že je to lineárny (1,3)-beta-glukán (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Paramylon sa syntetizuje prostredníctvom enzýmu glykozyltransferáza, ktorý je známy aj ako paramylon-syntáza. Tento enzým využíva UDP-glukózu ako hlavný substrát pre svoju funkciu (Van der Merwe, 2007).

Paramylony z nefotosyntetizujúcich hnedých rias *Peranema trichophorum* a *Astasia ocellata* majú tiež tú istú štruktúru. Stupeň polymerizácie (DP) je 80 pri *P. trichophorum* a 50-55 pri *A. ocellata*. Granule paramylonu sa nachádzajú vo vysoko kryštalickom stave (porovnateľnom s celulózu) v dôsledku vyššieho poradia mikrofibríl a ich interakcii s vodou. Fibrily sa skladajú z trojitej závitnice (1,3)-beta-glukánových reťazcov (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Obsah beta-glukánov v hnedých riasach sa odlišuje v závislosti od rastových podmienok. I keď glukán sa produkuje pri fotosyntetickej asimilácii uhlíka, v *E. gracillis* sa hromadí viac počas heterotrofnej fázy rastu na vhodnom substráte so zdrojom uhlíka. V nefotosyntetizujúcich *E. gracillis* paramylon môže tvoriť až 90 % bunkovej hmotnosti. Polysacharid je degradovaný v tme, keď sú exponenciálne rastúce bunky premiestnené do substrátu s nedostatkom uhlíka. Nedostatok dusíka vo ftoheterotrofných bunkách indukuje rozkladanie fotosyntetických štruktúr a hromadenie granúl paramylonu a tiež aj tukových kvapiek v cytoplazme (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

---

Výkyvy pH v stacionárnej fáze rastu majú vplyv na obsah paramylonu a bielkovín. Zásobný polysacharid môže ovplyvňovať tiež na vývoj spóry. Rozsiahle hromadenie polysacharidu je značné v stredných a zreých cystách *E. gracillis* (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Glukóza na syntézu paramylonu môže byť využívaná pri pH okolo 4,5, keď sa pH zvýši na 6,8-7 utilizácia glukózy sa zastavuje. *E. gracillis* môže rásť aj v podmienkach extrémne nízkeho pH (2,5-3,5) (Van der Merwe, 2007).

### 3.3.2.2 Haptophyceae

Väčšina haptophyceae sú morské zlato-hnedé jednobunkové bičíkovce zahrňujúce 75 rodov a 500 druhov. Chrysolaminarín, vo vode rozpustný (1,3)-beta-glukán sa tu nachádza v špeciálnych vakuolách a zohráva dôležitú úlohu ako hlavný zásobný polysacharid i keď sú známe aj výnimky. Povrch buniek je obalený tenkou vrstvou organického materiálu, ktorý sa skladá hlavne z celulózy. Určité druhy tiež produkujú značné množstvá extracelulárnych mukopolysacharidov, ktoré sa zaraďujú medzi komplexné heteroglykány (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Chrysolaminarín bol objavený tiež vo vakuolách *Phaeocystis* sp. V nekolonizujúcich kmeňoch *Phaeocystis globosa* sa nachádza (1,3)-beta-glukán, ktorý je vo vode rozpustný, má nízky počet väzieb a stupeň polymerizácie má okolo 20 bol tiež zatriedený medzi chrysolaminarín. Produkcia tohto polysacharidu bola objavená počas stacionárnej fázy rastu a mala za následok nárast až 75 g glukózy v každej bunke (Janse, et al., 1995).

Pri obmedzení výživy sa obsah sacharidov zvýšil z 15% počas exponenciálnej fázy rastu na viac než 50% počas stacionárnej fázy. Koncentrácia beta-glukánu bola ovplyvňovaná osvetlením. Kým pri vyššom osvetlení sa zvýšilo aj hromadenie beta-glukánov, hladina mukopolysacharidov zostala nezmenená (Alderkamp, et al., 2005).

*Pavlova mesolychnon* obsahuje cytoplazmatické granule paramylonu so stupňom polymerizácie viac než 50, ktorý bol objavený pomocou röntgenovej difrakcie. Odlišné beta-glukány boli nájdené v *Emiliania huxleyi*, zloženého z (1,6)-beta-glukánového hlavného reťazca a s vetvením na 3. uhlíku. Táto neobyčajná štruktúra bola objavená pomocou metódy NMR. (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

---

### 3.3.2.3 Bacillariophyceae (rozsievky)

Rozsievky sú jednobunkové, alebo koloniálne koky, zlato-hnedé riasy s kremennou bunkovou stenou zahrňujúce približne 250 rodov a 10 000 druhov. Rozšírené sú v planktóne morskej aj sladkej vody. Hlavný zásobný polysacharid v rozsievkach je chrysolaminarín, vo vode rozpustný (1,3)-beta-glukán, ktorý je obsiahnutý v špeciálnych cytoplazmových vakuolách. Rozsievky tiež produkujú extracelulárny sliz, ktorý sa skladá vo veľkej miere z komplexných heteroxylánov. Mnoho planktónových rozsievok má vonkajšiu kostru zloženú z chitínových vlákien (Roberts et al., 2007).

Z rozsievky *Skeletonema costatum* bol tento polysacharid extrahovaný pomocou  $0,05 \text{ mol.dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$  pri teplote  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  počas 10 minút. Hydrolyzovaný bol pomocou 80%-nej  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pri teplote  $0-4 \text{ }^\circ\text{C}$  v priebehu 20 hodín (Granum a Myklestad, 2004).

Metyláciou a oxidáciou jodistanom bola objasnená podrobná štruktúra chrysolaminarínu zo sladkovodnej a morskej rozsievky *Phaeodactylum tricorutum*. Ukázalo sa, že sa skladá z reťazcov s občasnými miestami vetvenia na 6. uhlíku a približným DP 20, zatiaľ čo morská rozsievka *Stauroneis amphioxys* má miesta vetvenia na 2. aj 6. uhlíku a DP 11. Chrysolaminaríny z ľadovej rozsievky *Stauroneis amphioxys* a podobných arktických ľadových rozsievok obsahujú taktiež (1,3)-beta-glukány s nepravidelným vetvením na uhlíku 2, 4 a 6 a stupňom polymerizácie 24. Podobné zloženie má aj beta-glukán nájdený v *Coscinodiscus nobilis*, *Craspedostauros australis*, *Cylindrotheca fusiformis* a *Thalassiosira pseudonana* (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

(1,3)-beta-glukán je syntetizovaný na svetle a degradovaný v tme. Počas nedostatku živín sa s chrysolaminarínom ukladá oveľa vyššie množstvo dusíka ako fosforu. Na základe po tme nahromadeného dusíka je tento polysacharid spotrebovávaný pre podporu proteosyntézy (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

V rozsievke *Chaetoceros brevis* zohráva obsah železa dôležitú úlohu pri syntéze beta-glukánu. Požiadavky na železo u *C. brevis* sú nízke. Napriek tomu sa bunky s nedostatkom železa zjavne líšili od buniek s dostatočným množstvom železa. Denná

---

produkcia sacharidov bola znížená na 28-31%, čo malo za následok zníženie energie. Spotreba sacharidov v noci bola taktiež znížená (Van Oijen, et al., 2004).

#### 3.3.2.4 Chrysophyceae (žlto-hnedé riasy)

Chrysofyty sú jednobunkové alebo koloniálne zlato-hnedé riasy. Obsahujú približne 200 rodov a 1000 druhov a sú nájdené prevažne v sladkých vodách. Zásobný polysacharid chrysofytov je chrysolaminarín, ktorý je uložený v špeciálnych vakuolách. Niektoré druhy majú bunky nahé, iné obsahujú kremíkové alebo celulózové puzdro. Mnohé chrysofyty vylučujú extracelulárny sliz zložený z proteoglykánov, alebo je tento sliz uložený pod bunkovým povrchom (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Prostredníctvom oxidácie jodistanom sa zistila štruktúra chrysolaminarínu zo *Ochromonas malhamensis*. Degradácia tohto  $\beta$ -glukánu je zabezpečená (1,3)-beta-glukán fosforylázou, ktorá je regulovaná alostericky prostredníctvom AMP. Chrysolaminarínové vakuoly v *Poterioochromonas malhamensis* sú obohatené o beta-glukozidázu (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

#### 3.3.2.5 Oomycota

Oomycéty obsahujú vo svojej bunkovej stene najmä (1,3)-beta-glukán, celulózu, ale v menšej miere sa v nej môže nachádzať aj chitín. Funkciu zásobného polysacharidu plní mykolaminarín (Kamoun, 2003).

Beta-glukán izolovaný z *Phytophthora palmivora* bol nazvaný mykolaminarín kvôli jeho štruktúrnej podobnosti s laminarínom z hnedých rias. Je vo vode rozpustný a vysoko homogénny, pretože obsahuje iba glukózové jednotky. Metyláciou sa zistilo, že tento polysacharid obsahuje (1,3)-väzby hlavného reťazca a jedno, prípadne dve (1,6)-vetvenia. Jedno (1,6)-vetvenie obsahuje mykolaminarín zoospóry so stupňom polymerizácie 29. Dve (1,6)-vetvenia obsahuje polysacharid mycélia, stupeň polymerizácie má 36 (Wang a Bartnicki-Garcia, 2001).

Cytoplazmatický (1,3)-beta-glukán pozostáva z dvoch typov: malé neutrálne a veľké fosforylované polysacharidy. Zaujímavé je, že mykolaminarín nebol nájdený

---

v apikálnych mechúrikoch čo naznačuje, že tento polysacharid nie je priamo zapojený do apikálneho rastu (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

### Cellulin

Granuly tohto polysacharidu boli nájdené v určitých rodoch *Leptomytales*. V *Apodachlya* sp. granule pozostávajú zo 60% chitínu a 39% (1,3;1,6)- $\beta$ -glukánu. Zistil sa aj veľmi nízky obsah bielkovín (Lee a Aronson, 2004).

### Polysacharidy bunkovej steny

Obyčajne bunková stena pozostáva z vnútornej nerozpustnej vrstvy beta-glukánov a v zásade rozpustnej vonkajšej vrstvy. Celkový obsah beta-glukánov sa pohybuje 50-90% čistej hmotnosti. Tento zlomok zahŕňa z zásade nerozpustný (1,3) alebo (1,3;1,6)-beta-glukán a pomerne menšie množstvá celulózy (6-10%). V *Apodachlya* sp. a *Leptomitus lacteus* je obsiahnuté určité množstvo chitínu (14-18%). V hubách a kvasinkách na nachádza chitín, ktorý je s (1,3;1,6)-beta-glukánom pospájaný kovalentnými väzbami. Celulóza aj beta-glukán v oomycétach zohrávajú dôležitú úlohu pri raste hýf (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

#### 3.3.2.6 Phyeophyceae (hnedé riasy)

Táto skupina zahŕňa mnohobunkové hnedé riasy so širokým rozsahom morfológických odlišností a veľkostí. Zahŕňa 256 rodov a 1500 až 2000 druhov. Okrem niekoľkých sladkovodných rodov väčšina hnedých rias sú morské organizmy. Avšak v porovnaní s fytoplanktónom žijú len na malej časti oceánu (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Hlavným zásobným polysacharidom hnedých rias je laminarín, ktorý je podobný chrysolaminarínu. Ich bunková stena sa skladá z celulózových vlákien zosilnených alginátom (kyslý polysacharid, ktorý je najrozšírenejší v hnedých riasach). Riasy sú produkované v Japonsku, zatiaľ čo alginát sa vyrába v USA, Európe a Číne z *Laminaria*, *Macrocystis*, *Ecklonia*, *Durvillea*, *Ascophyllum* a iných (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

---

V davnejšej minulosti sa purifikácia laminarínu uskutočňovala výhradne chemicky, neskôr sa začalo purifikovať aj prostredníctvom (1,3)-beta-glukán hydrolázy (z bazídiomycét). Tento polysacharid môže byť separovaný do troch foriem: vo vode rozpustný, vetvený, redukujúci glukán; nerozpustný, nevetvený, redukujúci glukán a nevetvený, neredukujúci glukán s jedným manitolovým zvyškom na redukujúcom konci (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Metódou hmotnostnej spektrometrie v kombinácii s chemickými metódami bola popísaná heterogénnosť laminarínu z *Laminaria digitata*. Pomer laminarínových molekúl ukončených redukujúcim glukózovým zvyškom väzbou (1,3) k laminarínom ukončených neredukujúcim manitolovým zvyškom väzbou (1,1) bol približne 1:3. Počet (1,6)-vetvení u tohto glukánu je 0-4 a stupeň polymerizácie v rozsahu 20-30 (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Laminarín, ktorý je ľahko rozpustný vo vode a bez manitolových zvyškov bol ako prvý nájdený v *Eisenia bicyclis*. Metódou NMR bol zistený pomer (1,3) a (1,6)-väzieb 3:2. Tento typ polysacharidu bol nájdený aj v *Ishige okamurai*, *Cystophora scalaris* a *Ecklonia radiata*. Laminarín z *Cystoseira barbata* and *Cystoseira crinita* sú tiež bez manitolových zvyškov, ale obsahujú N-acetylhexoamín na konci reťazca (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Obsah laminarínu v hnedých riasach značne kolíše podľa ročného obdobia. V máji bol zistený obsah pod 2 % a v novembri až októbri až nad 30 % sušiny riasy. Proteosyntéza v tejto riase je najnižšia od mája až po celé leto, avšak syntéza laminarínu nie je v tejto dobe brzdená, pretože sú efektívne využívané rezervy dusíka aj fosforu. Taktiež bolo preukázané, že sacharidy nahromadené cez jar a leto boli neskôr spotrebované na jeseň a skorej zime (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

### **3.3.3 Huby, kvasinky a lišajníky**

Beta-glukány sa tu nachádzajú hlavne v bunkových stenách, ale tiež môžu byť prítomné vo vnútrobunkovom priestore a mimo bunky. Biosyntéza hubového beta-glukánu prebieha prostredníctvom glukozyltransferázy s použitím UDP-glukózy ako základnej stavebnej jednotky. Glukán-syntázová aktivita bola objavená vo viacerých hubách (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

---

### 3.3.3.1 Huby a kvasinky

Bunková stena húb tvorí 15-25% sušiny bunky. Beta-glukán a chitín sú kovalentne pospájané s inými polysacharidmi a štruktúra tohto komplexu je rôzna podľa triedy alebo druhu huby. Tieto štruktúry bunkovej steny sú uložené v podobe vláknitých útvarov a sú v alkalických roztokoch nerozpustné. Taktiež sú zodpovedné za tvar bunky (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Na zisťovanie beta-glukánu sa používalo farbivo „Calcofluor white“, ale má nízku špecifickosť a indikovalo aj iné polysacharidy, napr. chitín. Anilínová modrá sa tiež používala na identifikáciu beta-glukánu, ale nelokalizovala tento polysacharid v bunkovej stene. Na lokalizáciu v rôznych vrstvách bunkovej steny sa osvedčila elektrónová mikroskopia (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

V *Saccharomyces cerevisiae* a *Aspergillus fumigatus* je (1,3;1,6)-beta-glukán spojený s chitínom kovalentnými (1,4)-väzbami. Táto väzba zabezpečuje komplexu chitín-glukán nerozpustnosť v zásadách. Priemerný DP má 140-350 a zohráva dôležitú úlohu pri spojení beta-glukánu s inými komponentami bunkovej steny. *A. fumigatus* obsahuje o 10% viac chitínu ako *S. cerevisiae* (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

V *S. cerevisiae* komplex chitín-glukán vytvára vnútornú vláknitú vrstvu a cez glykozidické (1,6)-väzby s mannoпротеínmi vytvára vonkajšiu vrstvu bunkovej steny. V *S. pombe* bunková stena pozostáva z vnútornej vrstvy (1,3)-beta-glukánov, strednej, obsahujúcej zložito vetvené (1,3;1,6)-beta-glukány a vonkajšej vrstvy, ktorá sa skladá z galaktomannánov a galaktoproteínov (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Obsah (1,3)-beta-glukánu v hýfách kvasinky *Candida albicans* je o 10-20% vyšší a obsah (1,6)-beta-glukánu o 20-30% nižší v porovnaní s blastospórmi. DP má v blastospórach vyšší než v hýfách. Ale tento polysacharid má celkovo nižšie DP ako pri *S. cerevisiae*. *A. fumigatus* má v spórach obsah beta-glukánov 38% a v hýfách 31% (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

*Blastomyces dermatitidis* má hlavný zásobný polysacharid v myceliárnej forme, a to (1,3)-alfa-glukán (60%) a beta-glukán (40%), zatiaľ čo v kvasinkovej forme obsahuje 95% alfa-glukánu a len 5% beta-glukánu (Kanetsuma a Carbonell, 1971).



---

V *Schizophyllum commune* a *Agaricus bisporus* je skoro všetok beta-glukán nerozpustný, kvôli jeho kovalentnej väzbe s chitínom. V *Neurospora crassa* a *Aspergillus nidulans* je alkalických roztokoch nerozpustný, ale rozpustný v DMSO (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

### 3.3.3.2 Lišajníky

Lišajníky sú organizmy, ktoré sú zložené z huby a fotosyntetizujúcej zložky. Huba býva väčšinou askomycéta, zriedka bazídiomycéta. Fotosyntetizujúca zložka je riasa (zelená, modrozelená, prípadne žltozelená/hnedá riasa) alebo cyanobaktérie. Lineárny (1,3)-beta-glukán bol izolovaný z mnohých lišajníkov, napr. *Stereocaulon ramulosum*, *Ramalina usnea* a *Ramalina celastri*. S použitím NMR bol nedávno zistený v zásaditých roztokoch rozpustný (1,3)-beta-glukán v *Cladonia* sp. V *Ramalina celastri* bol objavený beta-glukán, ktorý obsahuje (1,3) a (1,4)-väzby v pomere 1:1. Väčšina beta-glukánov nájdených v lišajníkoch sú lineárne, ale boli zistené aj vysoko vetvené polysacharidy, napr. v *Collema leptosporum* (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

### 3.3.4 Vyššie rastliny

Vo vyšších rastlinách sa nachádza (1,3;1,4)-beta-glukán. Nachádza sa v bunkovej stene. Okrem beta-glukánu, bunková stena obsahuje menšie množstvá pektínu, xyloglukánov a väčšie množstvá heteroxylánov (Fincher, 2009).

Beta-glukán sa v minimálnom množstve nachádza v meristematických bunkách, ale jeho výskyt je vyšší v stenách predlžujúcich sa buniek. Po zastavení rastu, beta-glukán podlieha hydrolýze. Akumuluje sa v aleurónovej a subaleurónovej vrstve bunkovej steny endospermu vyvíjajúceho sa zrna (Charalampopoulos, et al., 2002).

Tento typ polysacharidu sa označuje ako „necelulózový“ a vyskytuje sa najmä v trávach z čeľade Poaceae. V menších množstvách sa nachádza v prasličkách, riasach a hubách. Umiestnený je najmä v primárnej bunkovej stene, ale môže sa nachádzať aj v sekundárnych stenách určitých pletív. V obilninách môže tvoriť až 70% hmotnosti neškrobového endospermu bunkovej steny (Fincher, 2009).

---

Molekula jačmenného beta-glukánu je pomerne dlhá, DP je viac než 1000. Pomer (1,4) ku (1,3)-väzbám je 2,2-2,6:1. Tieto väzby nie sú zoradené náhodne, ale v presne určenom poradí. Dve alebo tri (1,4)-väzby, nasledujúce za sebou, sú oddelené jednou (1,3)-väzbou (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

V pšenici sa nachádza pomer (1,3) ku (1,4)-väzbám 3-4,5:1. V ovse je pomer týchto väzieb 1,8-2,3:1 (Fincher, 2009).

Beta-glukány sa vo vyšších rastlinách nachádzajú prevažne v zrnách. Avšak môžu sa vyskytovať aj vo vegetatívnych orgánoch, napr. koleoptila, listy, stonka, korene. V meristematických pletivách sú zastúpené v menšej miere, syntetizujú sa až počas bunkovej diferenciácie. Imunofluoresenčnou mikroskopiou, s použitím monoklonálnych protilátok, bol dokázaný výskyt beta-glukánov v koleoptile jačmeňa, ovsá, kukurice a ryže. Taktiež sa zistil výskyt v kukuričných listoch (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Koncentrácia beta-glukánov v zrnách sa líši podľa druhu rastliny. Kolíše v rámci genotypu a je ovplyvňovaná prostredím. Najvyššie koncentrácie beta-glukánov sa nachádzajú v ovse (*Avena sativa*) a jačmeni (*Hordeum vulgare*). V jačmeni sa nachádza 4-7% a v ovse 3-6%. Avšak ovos má vyšší podiel vo vode rozpustného beta-glukánu, 82%, v porovnaní s jačmeňom, 65% (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

Beta-glukán sa vyskytuje aj v rastline *Equisetum arvense*. Nachádza sa v bunkovej stene všetkých buniek okrem vodivých pletív (Bacic, Fincher a Stone, 2009).

---

### 3.4 Účinky beta-glukánov na organizmus

Všeobecne sú známe najmä účinky beta-glukánov ako imunomodulátorov, podporujúcich imunitnú odpoveď organizmu. Boli však zistené aj mnohé iné spojenia beta-glukánov, ako napríklad: protinádorové účinky, regulácia bunkového rastu, účinky na cholesterol, antioxidačné účinky a i (Chovancová a Šturdík, 2005).

#### 3.4.1 Imunomodulačné účinky

Imunitu môžeme zjednodušene definovať ako schopnosť organizmu brániť sa proti čomukoľvek, čo by mohlo spôsobiť poškodenie zdravia, dokonca i smrť. Môžeme ju charakterizovať ako obranný systém, ktorého orgány, tkanivá a bunky sú rozložené po celom organizme. Spolu sa nazývajú lymfatické orgány, ktoré môžeme rozdeliť na primárne, zodpovedné za produkciu lymfocytov a sekundárne, kde nastáva samotná imunitná reakcia. Základné vlastnosti imunitného systému sú: jedinečnosť, distribuovanosť, decentralizovanosť, paralelita, robustnosť, odolnosť voči šumu, detekcia anomálií, schopnosť učenia a pamäť (De Castro, Timmis, 2002).

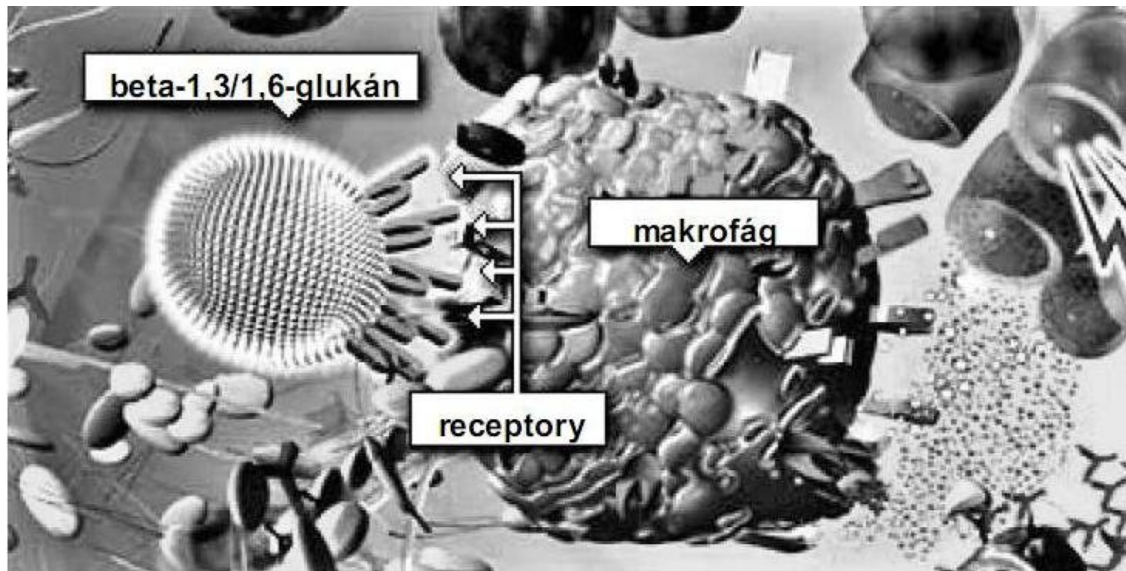
Kľúčom pre správne fungujúci imunitný systém je podľa Browna a Gordona (2001) jeho schopnosť rozpoznávať telu cudzie od vlastných buniek. Keď sa imunitné bunky stretnú s bunkami alebo organizmami nesúcimi cudzie molekuly, okamžite spustia útok. Čokoľvek, čo môže vyvolať túto imunitnú odpoveď, sa nazýva antigén. Niekedy môže organizmus spustiť útok aj proti vlastným bunkám. Táto reakcia sa nazýva autoimúnna choroba. Medzi autoimúnne choroby patrí napr. cukrovka, alebo niektoré druhy artritíd. V iných prípadoch reaguje imunitný systém aj na zdanlivo neškodnú látku ako napr. peľ. Výsledkom tohto javu je precitlivosť (alergia) a takýto antigén sa nazýva alergén.

Makrofágy sú súčasťou vrodeneho (nešpecifického) imunitného systému, ktorý je evolučne starší ako získaná imunita (Novák 2007).

Úlohou makrofágov je pohltiť cudzorodé objekty (baktérie, vírusy) a mobilizovať imunitný systém, rozpoznávať a ničiť poškodené bunky (napr. rakovinové). Veľa receptorov zodpovedá za rozpoznanie a väzbu na cudzorodé štruktúry akými sú mikróby a vírusy. Buď tieto štruktúry na seba naviažu, alebo do nich vpraví

---

rozpoznávacie zlúčeniny opsoníny. Najvyššiu imunostimuláciu vykazujú glukány s vyšším počtom väzbových miest - postranných reťazcov (Brown, Gordon, 2001).



**Obr. 2 Interakcia (1,3;1,6)-beta-glukánu s makrofágom**  
(<http://hladik.hopem.cz/bzlinz/lecive-ucinkyhub.pdf>)

Podľa Nováka (2007) naviazaním beta-glukánu na makrofágy sa uskutočňujú aj ďalšie javy ako:

- ❖ zvýšený pohyb makrofágov,
- ❖ smerovo orientovaný pohyb a migrácia makrofágov k časticiam, ktoré majú byť fagocitované,
- ❖ degranulácia vedúca k zvýšenej expresii adhezívnych molekúl na povrchu makrofágov,
- ❖ intracelulárne procesy charakterizované oxidačným (respiračným) vzplanutím po fagocytóze invadujúcej bunky, zvýšenie obsahu a aktivity hydrolytických a metabolických enzýmov,
- ❖ signalizačné procesy, vedúce k aktivácii ďalších fagocytov, sekrécia cytokínov.

Vrodená imunita je založená na neklonných receptoroch PRRs (pattern recognition receptors) tieto rozoznávajú určité molekuly na povrchu invadujúceho mikroorganizmu. Tieto molekuly sa súhrnne nazývajú ako molekulárne znaky spojené s patogénmi

---

PAMPs (pathogen-associated molecular patterns). PAMPs sú odlišné od molekúl hostiteľa, nepodliehajú antigénnej premenlivosti a sú evolučne vysoko konzervované (Novák, 2007).

Beta-glukány môžu značne zvýšiť počet makrofágov schopných fagocytózy a indukovať špecifické receptory, ktoré sú situované na povrchu buniek. Medzi tieto receptory patria najmä Dectin – 1 a Toll – like receptor 2 (TLR2) (Yatawara, et al., 2009).

Dectin-1 je lektín, ktorý sa nachádza na povrchu makrofágov, zúčastňuje sa detekcie a fagocytózy hubových patogénov. Fagocytóza patrí medzi jednu z prvých línií obrany pred infekciami a je to zložitý proces, ktorý zahŕňa pohltie častíc (Hernanz-Falcón, et al., 2009). Dectin-1 patrí medzi transmembránové proteíny a plní mnohé funkcie ako napr. usmrtenie a pohltie invadujúcich buniek, alebo produkciu cytokínov a chemokínov (Novák, 2007). Pôvodne bolo známe, že dectin-1 bol špecifický iba pre dendritické bunky, teraz však vieme, že ovplyvňuje aktivitu makrofágov, monocytov, neutrofilov a podskupinu T-buniek. Bolo preukázané, že dectin-1 je účinný voči známym hubovým patogénom ako sú: *Aspergillus*, *Coccidioides*, *Pneumocystis* a *Candida*. (Shah, et al., 2008).

CR3 je receptor, ktorý rozpoznáva celú škálu rôznych ligandov, medzi ktoré patrí aj beta-glukán. Skladá sa z niekoľkých domén, napr. rozpoznávanie sacharidov zabezpečuje lektínová doména (Novák, 2007).

Medzi najdôležitejšie zložky imunitného systému patria Toll-like receptory (TLRs). Patria medzi transmembránové proteíny s extracelulárnymi sekvenciami bohatými na leucín. Je ich známych približne 10, pričom beta-glukán sa viaže na TLR2 receptor (Novák, 2007).

Leukocyty (monocyty, makrofágy) a NK-bunky majú povrchové receptory špecificky rozpoznávajúce jednotlivé glukány v závislosti od ich koncentrácie a štruktúry. Keď sa stretne makromolekula glukánu so skupinou glukánových receptorov, bunka je aktivovaná a vytvára baktériocídne zložky ako lyzozým, reaktívne kyslíkové radikály a oxidy dusíka. Ďalej bunky začnú vytvárať niekoľko cytokínov, ktoré aktivujú fagocyty a leukocyty, zodpovedajúce za tvorbu získanej (špecifickej) imunity. Takže glukány indukujú nielen lokálnu aktiváciu buniek, ale aj systematickú reakciu organizmu, pretože cytokíny sú produkované bunkami migrujúcimi z miesta na miesto (Chovancová a Šturdík, 2005).

Jedinec s poškodeným imunitným systémom je vysoko citlivý na infekciu baktériami, vírusmi a mikroskopickými hubami, pretože mnoho patogénnych mikroorganizmov vstupuje do tela cez pľúca. Dôležité sú najmä alveolárne makrofágy, ktoré prichádzajú ako prvé do kontaktu s vdychnutým patogénom (Steele, et al., 2005).

**Tab. 4 Niektoré beta-glukány s imunomodulačným účinkom (Novák, 2007)**

| Názov             | Zdroj                                    | Stupeň vetvenia |
|-------------------|--|-----------------|
| Curdlan           | <i>Alcaligenes faecalis</i>              | Lineárny        |
| Laminaran         | <i>Laminaria sp.</i>                     | Lineárny        |
| Pachyman          | <i>Poria cocos</i>                       | Vetvený         |
| Letinan           | <i>Lentinus edodes</i>                   | Vetvený         |
| Pleuran           | <i>Pleurotus ostreatus</i>               | Vetvený         |
| Schizofyllan      | <i>Schizophyllum commune</i>             | Vetvený         |
| Sclerotinan       | <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>          | Vetvený         |
| Scleroglucan      | <i>Sclerotium glucanicum, S. rolfsii</i> | Vetvený         |
| Grifolan          | <i>Grifola frondosa</i>                  | Vetvený         |
| T-4-N T-5-N       | <i>Dictyophora indusiata</i>             | Vetvený         |
| Kvasinkový glukán | <i>Saccharomyces cerevisiae</i>          | Vetvený         |

### 3.4.2 Účinky na hladinu cholesterolu

Kardiovaskulárne choroby sú najčastejšou príčinou smrti obéznych ľudí. Diéty pre zníženie srdcovo-cievnych rizikových faktorov zahrňujú stravu bohatú na vlákninu. Obilniny, ktoré sú bohaté na rozpustnú vlákninu, obsahujúcu beta-glukány, môžu znížiť hladinu cholesterolu v krvi a tak zmenšiť riziko kardiovaskulárnych chorôb. Jednou z takýchto obilnín je ovos, z ktorého sa beta-glukán extrahuje. Koncentrovaný beta-glukán z ovsu je teraz dostupný ako diétny doplnok. Beta-glukán bol identifikovaný ako

---

hlavná skvasiteľná súčasť ovsa. Účinok beta-glukánu nie je ovplyvnený tepelnou úpravou (Queenan, et al., 2007)

Cholesterol je žltý, voskový tuk, ktorý sa nachádza v každej živočíšnej bunke. V krvi nepláva voľne, ale je transportovaný lipoproteínmi. Podľa Harlana (2006) existujú dva hlavné typy cholesterolu:

- ❖ LDL (lipoproteíny s nízkou hustotou) prepravujúce tzv. „zlý“ cholesterol
- ❖ HDL (lipoproteíny s vysokou hustotou) prepravujúce tzv. „dobrý“ cholesterol

LDL-cholesterol spôsobuje usadzovanie na vnútrošok tepien a vytvára povlak. Takto dochádza ku ateroskleróze, čiže kôrnateniu stien tepien. Zúženie tepien má za následok pokles krvného toku. Krv obohacuje orgány o kyslík, zníženie krvného toku cez tepny privádzajúce krv do mozgu spôsobí nedostatok kyslíku, kedy nastáva cievna mozgová príhoda.

HDL-cholesterol má spravidla opačné účinky, t. j. odvádza prebytočný cholesterol z tepien naspäť do pečene.

Akákoľvek koncentrácia LDL-cholesterolu prijatá potravou vyššia ako 100 mg za deň sa zdá byť aterogénna a čím vyššia koncentrácia tým je vyššie riziko aterosklerózy (Talati, et al., 2009).

Robitaille a spolupracovníci skúmali u 57 žien s nadváhou účinok podávania 28 g ovsených otrúb, ktoré boli pridané do šišiek, po dobu štyroch týždňov. Bola sledovaná hladina celkového cholesterolu, LDL-cholesterolu, HDL-cholesterolu a ďalšie krvné parametre pred začiatkom pokusu, v druhom a šiestom týždni. Štúdie preukázali, že suplementácia ovsenými otrubami mala prospešný vplyv na hladinu HDL-cholesterolu v krvi. V porovnaní s kontrolnou skupinou sa zvýšila jeho hladina o 11,2 %. Pomer LDL-cholesterol /HDL-cholesterol sa znížil o 10,5 % (Robitaille, et al., 2005).

### **3.4.3 Protinádorová aktivita**

Chovancová a Šturdík (2005) uvádzajú, že protinádorová aktivita (1,3)-beta-glukánov izolovaných z húb napr. lentinan, schizofylan a skleroglukán sa prejavuje pri dávkach 0,2-1,0 mg.kg<sup>-1</sup>. Účinné dávky alfa-glukánov sú vyššie ako 20 mg.kg<sup>-1</sup>.

Kogan et al., (2005) uskutočnili na chemickom ústave SAV štúdiu, ktorou dokázali, že vodorozpusťné deriváty beta-glukánu izolovaného z bunkovej steny pekárenských

---

kvasníc *S. cerevisiae* vykazovali významný antioxidačný efekt porovnateľný s pôsobením známych antioxidantov. Použitie uvedených polysacharidov najmä v kombinácii s antibiotikom cyklofosfamidom viedlo k značnej inhibícii rastu nádorov a metastáz.

Štúdia vedená Driscollom (2009) porovnávala protinádorovú aktivitu beta-glukánu získaného z rôznych zdrojov, ktorú skúmali na myšiach. Tieto štúdie preukázali, že kvasinkový beta-glukán v kombinácii s protinádorovou terapiou mal za následok podstatne nižšie nádorové zaťaženie a tiež dosiahnutý dlhodobý efekt v porovnaní so samotnou protinádorovou liečbou. Zistilo sa tiež, že kvasinkový beta-glukán disponoval silnejšou aktivitou ako beta-glukán extrahovaný z húb.

#### **3.4.4 Antimikrobiálna a antivírusová aktivita**

Molekuly, ktoré sú štruktúrne podobné skleroglukánu, napríklad schizofylan a lentinan, vykazujú významnú antibakteriálnu a antivírusovú aktivitu a znižujú výskyt infekčných komplikácií v klinických podmienkach (Zadák, 2003).

#### **3.4.5 Účinky na glykémiu**

Fyziologické účinky vlákniny boli dôležité pri prevencii diabetes mellitus 2. typu (DMT2). DMT2 je charakterizovaná ako metabolická porucha, je to stav chronickej hyperglykémie. Jedná sa o poruchu pri metabolizme sacharidov, tukov a bielkovín, čo vyplýva z nedostatočnej sekrécie hormónu inzulínu a všeobecných chybných účinkov inzulínu (De Mello a Laaksonen, 2009).

Autori ďalej uvádzajú, že polysacharidy s vysokým obsahom vlákniny môžu znížiť riziko DMT2. Intervenčné štúdie skúmajú, ako glykemický index a rozpustná vláknina môžu mať priaznivý vplyv na glykemickú a inzulínovú odpoveď bez a s DMT2. U pacientov s DMT2 štúdie ukazujú vplyv v dlhodobom horizonte.

Štúdia vedená Joannou Hlebowicz, et al. (2008) sa zaoberala účinkom mäsi i so 4 g beta-glukánu na postprandiálnu glukózu, žalúdočné vyprázňovanie a presýtenosť na zdravých ľuďoch. Rýchlosť žalúdočného vyprázdnovania bola meraná štandardizovaným ultrasonografom. Hladina glukózy bola meraná 30 min. pred a 60



---

min. po jedle. Presýtenosť bola zisťovaná 15 a 90 min. od skončenia jedla. Rýchlosť žalúdočného vyprázdňovania bola vypočítaná ako percentuálny podiel zmeny objemu v predsieni žalúdka 15 a 90 min. po skonzumovaní vanilkového jogurtu s müsli obsahujúceho 4 g ovseného beta-glukánu (vzorka 1), alebo vanilkového jogurtu s müsli obsahujúceho kukuričné lupienky (vzorka 2). Výsledky ukázali, že stredné hodnoty boli pre prvú vzorku 60% a pre druhú vzorku 44%. Z toho vyplýva, že účinok beta-glukánu na rýchlosť žalúdočného vyprázdnenia nemal výrazný vplyv. Avšak vzorka müsli obsahujúca beta-glukán výrazne znížila postprandiálnu glukózu oproti müsli s kukuričnými lupienkami. Na presýtenosť nemal beta-glukán významný vplyv.

### 3.4.6 Adsorpcia mykotoxínov

Mykotoxíny sú prírodné, jedovaté, sekundárne metabolity, produkované viacerými druhmi nižších húb. Najsilnejšie sú aflatoxíny, produkované druhmi *Aspergillus*, ochratoxín a patulín, produkované rodmi *Aspergillus* aj *Penicillium*. Medzi taktiež známe mykotoxíny patrí deoxynivalenol, zearalenon, T-2 a HT-2 toxíny produkované rodmi *Fusarium* (Krska, Molinelli, 2007).

Yiannikouris a spolupracovníci skúmali účinok beta-glukánov na adsorpciu mykotoxínov v rôznych podmienkach pH. V kyslých a neutrálnych podmienkach bola najvyššia afinita pre aflatoxín, deoxynivalenol a ochratoxín. Zásadité podmienky kvôli ich deštruktívnej povahe na beta-glukány mali vplyv iba na adsorpciu patulínu (Yiannikouris, et al., 2006).

### 3.4.7 Účinky na kožu

Naša koža je najväčší orgán tela. Nemá len funkciu pokrývať a chrániť telo proti mechanickým vplyvom. Patrí medzi najdôležitejšie orgány, ktoré majú v organizme imunitnú funkciu. Vonkajšia vrstva, alebo epiderma obsahuje približne päť percent makrofágov, ktoré zastavujú rast nebezpečných mikrobov a produkujú tzv. „epidermálny faktor rastu“, ktorý stimuluje obnovu povrchových buniek (Borges, 2005).

---

V epiderme makrofágy zahŕňajú keratinocyty a Langerhansove bunky. Beta-glukány stimulujú tieto bunky, ktoré slúžia ako naša prvá línia obrany. Beta-glukány majú veľmi upokojujúce účinky na pokožku prostredníctvom posilnenia kožných makrofágov (Burges, 2005).

---

## **Záver**

Beta-glukány v posledných rokoch priťahujú pozornosť pre svoje pozitívne účinky na zdravie. Jednotlivé glukány majú odlišné účinky, čo vyplýva z ich štruktúry a fyzikálno-chemických vlastností. Preto je dôležité dokonale poznať už známe beta-glukány a nachádzať nové typy polysacharidov.

---

## ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY:

ALDERKAMP, A. C., NEJSTGAARD, J. C., VERITY, P. G., ZIRBEL, M. J., SAZHIN, A. F., RIJSSEL, M. 2005. Dynamics in carbohydrate composition of *Phaeocystis pouchetii* colonies during spring blooms in mesocosms, In *Journal of Sea Research*, Vol. 55, č. 3, s. 169-181.

BACIC, Antony – FINCHER, Geoffrey – STONE, Bruce. 2009. *Chemistry, biochemistry and biology (1,3)-beta-glucans and related polysaccharides*. 1. vyd. Oxford:, 2009. 677 s. ISBN 978-0-12-373971-1.

BROWN , G., D, GORDON, S. 2001. A new receptor for beta glucans. In *Immune recognition*, vol. 3, s. 36 - 7.

BURGES, C.M. 2005. *Cosmetic dermatology*, Berlin Hiderberg: Springer-Verlag, 2005. 167 s. ISBN 3-540 23064-5

CANETSUMA, F., CARBONELL, L. M. 1971. Cell Wall Composition of the Yeastlike and Mycelial Forms of *Blastomyces dermatitidis*, In *J Bacteriol*, Vol. 106, č. 3, s. 946-948.

DE CASTRO, L. N., TIMMIS, J. I. 2002. Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach, In *J. Immunol*, vol. 2, s. 12-16.

DE MELLO, V.D., LAAKSONEN, D.E. 2009. Dietary fibers: current trends and health benefits in the metabolic syndrome and type 2 diabetes, In *Arq Bras Endocrinol Metabol*, vol. 53, s. 509-516.

DEMIRBAS, A. 2005. Beta-Glucan and mineral nutrient contents of cereals grown in Turkey. In *Food Chem*, vol. 90, s. 273-277.

---

DING, Q., ZHANG, L., XU, X., ZHANG, X., WU, C. 2001. Solution properties of pachyman from *Poria cocos* mycelia in dimethyl sulfoxid, In *Journal of Macromolecular Science*, Vol. 40, č. 2, s. 147-156.

DRISCOLL, M., HANSEN, R., DING, C., CRAMER D.E., YAN, 2009. J. Therapeutic potential of various  $\beta$ -glucan sources in conjunction with anti-tumor monoclonal antibody in cancer therapy, In *Cancer Biology & Therapy*, s. 218-225.

DRISCOLL, M., HANSEN, R., DING, C., CRAMER D.E., YAN, J. 2009. Therapeutic potential of various beta-glucan sources in conjunction with anti-tumor monoclonal antibody in cancer therapy, In *Cancer Biology & Therapy*, s. 218-225.

FINCHER, G.B. 2009. Revolutionary Times in Our Understanding of Cell Wall Biosynthesis and Remodeling in the Grasses, In *Plant Physiology*, Vol. 149, s. 27-37.

GAJDOŠOVÁ, A., PETRULÁKOVÁ, Z., HAVRLETOVÁ, M., ČERVENÁ, V., HOZOVÁ, B., ŠTURDÍK, E., KOGAN, G. 2007. The content of water-soluble and water-insoluble beta-glucans in selected oats and barley varieties. In *Carbohydrate polymers*, Vol. 70, s. 46-52.

GRANUM, E., MYKLESTAD, S. M., 2004. A simple combined method for determination of  $\beta$ -1,3-glucan and cell wall polysaccharides in diatoms, In *Hydrobiologia*, Vol. 277, s. 155-161.

HARLAN, T. S. 2006. Types of Cholesterol, In *Dr. Goumed*, s. 1-2.

HERNANZ-FALCÓN, P., JOFFRE, O., WILLIAMS, D. L., SOUSA, C. 2009. Internalization of Dectin-1 terminates induction of inflammatory responses, In *European Journal of Immunology*, Vol. 39, s. 507-513.

---

HLEBOVICZ, J., DARWICHE, G., BJORGELL, O., ALMÉR, L.O. 2008. Effect of Muesli with 4 g Oat  $\beta$ -Glucan on Postprandial Blood Glucose, Gastric Emptying and Satiety in Healthy Subjects, In *American College of Nutrition*, Vol. 27, s. 470-475.

HLEBOVICZ, J., DARWICHE, G., BJORGELL, O., ALMÉR, L.O. 2008. Effect of Muesli with 4 g Oat  $\beta$ -Glucan on Postprandial Blood Glucose, Gastric Emptying and Satiety in Healthy Subjects, In *American College of Nutrition*, Vol. 27, s. 470-475.

CHARALAMPOPOULOS, D., WANG, R., PANDIELLA, S. S., WEBB, C. 2002. Application of cecals and components on functional fous, In *International Journal of Microbiology*, Vol. 79, s. 131-141.

CHI-FUNG CHAN, G., KEUNG CHAN, W., MAN-YUEN SZE, D. 2009. The effects of  $\beta$ -glucan on human immune and cancer cells, In *Journal of Hematology & Oncology*, s. 1-11.

CHOVANCOVÁ, A., ŠTURDÍK, E., 2005. Vplyv beta – glukánov na imunitný systém človeka. In *Nova Biotechnologica*, s. 105-121.

JANSE, I., VAN RIJSEL, M., VAN HALL, P. J., GERWIG, G. J., GOTTSCHAL, J. C., PRINS, R. S. 1995. The storage glucan of *Phaeocystis globosa* cells, In *Journal of Phycology*, Vol. 32, č. 3, s. 382-387.

KAMOUN, S. 2003. Molecular Genetics of Pathogenic Oomycetes, In *American Society for Microbiology*, Vol. 2, č. 2, s. 191-199.

KISS, J. Z., VASCONCELOS, A. C., TRIEMER, R. E. 1987. Structure of the Euglenoid Storage Carbohydrate, Paramylon, In *American Journal of Botany*, Vol. 74, č. 6, s. 877-882.

KLIS, F. M., BOORSMA A., GROOT P. W. J. 2006. Cell wall construction in *Saccharomyces cerevisiae*, In *Yeast*, Vol. 23, s. 185-202.

---

KOGAN, G., SLAMEŇOVÁ, D., STAŠKO, A., BABINCOVÁ, M., KOROLENKO, T., A. 2005. Antioxidačné vlastnosti kvasinkového  $\beta$ -D-glukánu a jeho využitie v protirakovinovej terapii, In *Česká a Slovenská spoločnosť mutagenézy vonkajším prostredím*, s. 9-11.

KRSKA, R., MOLINELLI, A. 2007. Mycotoxin analysis: state of the and future trends, In *Anal Bioanal Chem*, s. 145.

LEE, H. Y., ARONSON, J. M. 2001. Composition of cellulin, the unique chitin-glucan granules of the fungus, *Apodachlya* sp., In *Archives of Microbiology*, Vol. 102, č. 1, s. 203-208.

LINDHAUER, M.G., DREISOERNER, J. 2003. Rye. Encyclopedia of Food Science and Nutrition, In *Academic Press*, Vol. 8, s. 35-42.

LU, R., WANG, X., GUO, L. 2008. Study on lentinan purification technology, Chinese In *Journal of Laboratory Diagnosis*.

MAZÁŇ, M., MAZÁŇOVÁ, K., FARKAŠ, V. 2006. Bunková stena húb - výzva pre výskum nových antimykotík, In *Chem. Listy*, Vol. 100, s. 433-439.

NAKAO, Y., KONNO, A., TAGUCHI, T., TAWADA, T., KASAI, H., TODA, J., TERASAKI, M. 1989. Curdlan: Properties and Application to Foods, In *Journal of Food Science*, Vol. 56, č. 3, s. 769-772.

NOVÁK, M. 2007. Beta-glukany, historie i súčasnosť, In *Chem. Listy*, Vol. 101, s. 872-878.

QUEENAN, K. M., STEWART, M. L., SMITH, K. N.M THOMAS, W., FULCHER, R. G., SLAVIN, J. L. 2007. Concentrated oat  $\beta$ -glucan, a fermentable fiber, lowers serum cholesterol in hypercholesterolemic adults in a randomized controlled trial, In *Nutrition Journal*, Vol. 6, č. 6, s. 186-289.

---

ROBERTS, K., GRANUM, E., LEEGOOD, R. C., RAVEN, J. A., 2007. Carbon acquisition by diatoms, In *Photosynthesis Research*, Vol. 93, s. 79-88.

ROBITAILLE, J., FONTAINE-BISSONA, B., COURTUREA, P., TCHERNOFA, A., VOHL, M.C. Effect of an Oat Bran-Rich Supplement on the Metabolic Profile of Overweight Premenopausal Women, In *Annals of Nutrition and Metabolism*, Vol. 49, s. 141-148.

SHAH, V. B., HUANG, Y., KESHWARA, R., OZMENT-SKELTON, T., WILLIAMS D.L., KESHVARA, L. 2008. Inducing Cytokine Production in  $\beta$ -Glucan Activates Microglia without Dectin-1-Dependent Manner, In *J. Immunol*, s. 2777-2785.

SLODKI, M. E. – CADMUS M. C. 1979. *Advanced in applied microbiology*. New York: Academic press. 291 s. ISBN 0-12-002623-6

SORENSEN, I., PETTOLINO, F. A., WILSON, S. M., DOBLIN, M. S., JOHANSEN, B., BACIC, A., WILLATS, W. G. T. 2008. Mixed-linkage (1 $\rightarrow$ 3),(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucan is not unique to the Poales and is an abundant component of *Equisetum arvense* cell walls, In *The Plant Journal*, Vol. 54, č. 3, s. 510-512.

STEELE C., RAPAKA R. R., METZ A., POP S. M., WILLIAMS D. L., GORDON S., KOLLS J. K., 1, BROWN G. D. 2005. The Beta-Glucan Receptor Dectin-1 Recognizes Specific Morphologies of *Aspergillus fumigatus*, In *Plos Pathogens*, s. 22-23.

STUBLER, D., BUCHENAUER, H. 1994. Antiviral Activity of the Glucan Lichenan (Poly- $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3, 1 $\rightarrow$ 4)D-anhydroglucose), In *Journal of Phytopathology*, Vol. 144, č. 1, s. 37-43.

SYNYTSYA, A., MÍČKOVÁ, K., SYNYTSYA, A., JABLONSKÝ, I., SPĚVÁČEK, J., ERBAN, V., KOVAŘÍKOVÁ, E., ČOPÍKOVÁ, J. 2008. Glucans from fruit bodies of cultivated mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*: Structure and potential prebiotic activity, In *Carbohydrate polymers*, Vol. 76, č. 4, s. 548-556.



---

TALATI, R., BAKER, W.L., PABILONIA, M.S., WHITE, C.M., COLEMAN, C.I. 2009. The Effects of Barley-Derived Soluble Fiber on Serum Lipids, In *Ann Fam Med*, Vol. 7, s. 157-162.

TOMITA, M., MIWA, M., OUCHI, S., ODA, T., AKETAGAWA, J., GOTO, Y. 2009. Nonlinear Intestinal Absorption of (1-3)-beta-D-Glucan Caused by Absorptive and Secretory Transporting System, In *Biol. Pharm. Bull*, s.1295-1297.

VAN DER MERVE, L. 2007. UDP-glucose:  $\beta$ -(1,3)-glucan synthase from *Euglena gracillis*, In *Plant biotechnology*. 2007. s. 4-8.

VAN DER MERWE, L. 2007. UDP-glucose: beta-(1,3)-glucan (paramylon) synthase from *Euglena gracillis*, In *Plant Biotechnology*, s. 1-70.

VAN OIJEN, T., VAN LEEUWE, M. A., GIESKES, W., DE BAAR, H. 2004. Effects of iron limitation on photosynthesis and carbohydrate metabolism in the Antarctic diatom, *Chaetoceros brevis* (Bacillariophyceae), In *European Journal of Phycology*, VOL. 39, č. 2, s. 161-171.

WANG, M. C., BARTNICKI-GARCIA, S. 2001. Mycolaminarans: storage (1 $\rightarrow$ 3)- $\beta$ -glucans from the cytoplasm of the fungus *phytophthora palmivora*, In *Carbohydrate Research*, Vol. 37, č. 2, s. 331-338.

YATAWARA, L., WICKRAMASINGHE, S., NAGATAKI, M., TAKAMOTO, M., NOMURA, H., IKEUE, Y., WATANABE, Y., AGATSUMA, T. 2009. Aureobasidium-Derived Soluble Branched (1,3-1,6)  $\beta$ -Glucan (Sophy  $\beta$ -glucan) Enhances Natural Killer Activity in *Leishmania amazonensis*-Infected Mice, In *Korean Journal of Parasitol*, s. 346.

YIANNIKOURIS, A., ANDRÉ, G., POUGHON, L., FRANÇOIS, J., DUSSAP, C.G., JEMINET, G., BERTIN, G., JOUANY, J.P. 2006. Chemical and Conformational Study

---

of the Interactions Involved in Mycotoxin Complexation with  $\beta$ -d-Glucans, In *Biomacromolecules*, s. 1147-1155.

YOUNG, Shih-Houng – CASTRANOVA, Vincent. 2005. *Toxicology of (1,3)-beta glucans: glucans as marker for fungal exposure*. 1. vyd. Boca Raton : CRC Press, 2005. 217 s. ISBN 0-415-70037-X.

ZADÁK, Z., Výživa a imunita. EDUKAFARM MEDINEWS [online]. 2003, č. 1 [cit. 2010-01-11]. Dostupný z WWW<<http://www.edukafarm.cz/clanek.php?id=228>>.

ZEKOVIC D. B., KWIATKOWSKI S., VRVIC M. M., JAKOVLJEVIC D., MORAN C. A. 2005. Natural and Modified (1 $\rightarrow$ 3)- $\beta$ -D-Glucans in Helth Promotion and Disease Alleviation, In *Critical Reviews in Biotechnology*, Vol. 25, s. 205-231.

