

Polysacharidy (1. LF UK, NT)

Jsou organické sloučeniny složené z **10 a více monosacharidů**, které jsou spojeny **glykosidickou** vazbou. Mají zásobní a stavební funkci.

Balastní látky (rostlinné vlákniny, vlákniny, dietary fibers) – jde o sacharidy, které se v tenkém střevě enzymaticky nedestruují, a proto se dostanou až do tlustého střeva – nejdůležitější: **celulóza, hemicelulóza, pektin, rezistentní škrob** (patří sem ale i látky s nevláknitou strukturou, neměly by se tedy ty další názvy používat).

Klasifikace

Dle **vázaných monosacharidů**:

homopolysacharidy (homoglykany) – skládají se pouze z molekul **jediného** monosacharidu.

- **glukany**: α -glukany (amylosa) a β -glukany - celulososa
- **fruktany**

heteropolysacharidy (heteroglykany) – obsahují v molekule více druhů monomerních jednotek nebo jejich derivátů. Sem patří většina polysacharidů, například **arabinoxylany**.

Dle **původu**:

- **přírozené** – glykany rostlin, živočichů;
- **aditivní** – glykany řas, hub, mikrobů, modifikované glykany rostlin.

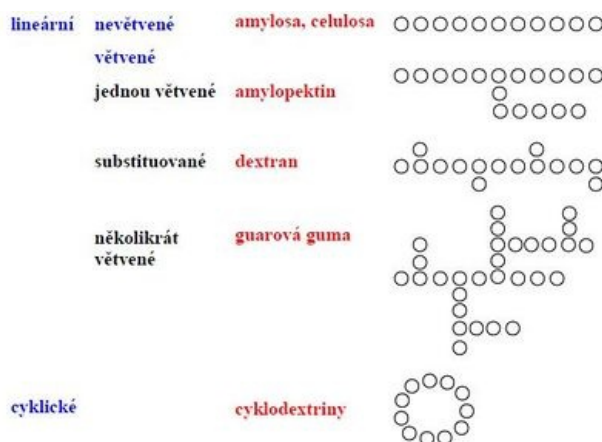
Dle **základních funkcí**:

- **zásobní** (rezervní) – glykogen, škrob, neškrobové glykany;
- **stavební** (strukturní) – chitin, celulososa a asociované glykany;
- **s jinými funkcemi** - arabská guma, okra (hospodaření s vodou, ochrana pletiv).

Dle **uplatnění ve výživě**:

- **využitelné** – škrob, glykogen (živočišný škrob);
- **nevyužitelné** – vláknina potravy (lidský organismus je nedokáže využít, protože mu chybí enzymy potřebné ke štěpení); mezi tyto polysacharidy řadíme především celulosu, hemicelulosu a pektiny.

Dle **druhu řetězce**:



Škrob

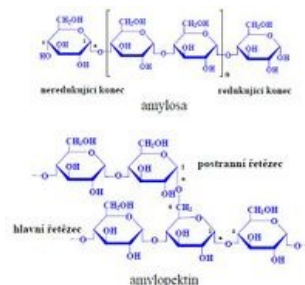
Nejběžnější zásobní polysacharid rostlin. Je tvořen **α -glukosidovými** řetězci. Vyskytuje se v obilninách, bramborách, luštěninách a jiné zelenině. Škrobová zrna (granule) jsou útvary, v nichž je škrob uložen. Uvnitř buněk je soustředěn v tzv. **amyloplastech** (v kořenech, hlízách, semenech a plodech) a v **chloroplastech** (v pletivech, kde probíhá fotosyntéza). Hlavními složkami jsou amylosa a amyllopektin.

- **Amylosa** (15-20 %)

Je lineární polymer, který se skládá z **alfa-D-glukos** (několik set jednotek, spojených vazbou $\alpha(1\rightarrow4)$). Patří mezi glukany. Je ve vodě **rozpustná** (zejména v horké vodě), roztoky jsou velmi viskózní (méně viskózní než amylopektin). Makromolekula tvoří levotočivou šroubovici. Počet Glu jednotek 1000 – 4500. Amylosa obilných škrobů obsahuje v řetězci 1000 až 2000 glukózových jednotek, v bramborovém škrobu až 4500 glukózových jednotek.

- **Amylopektin** (80-85 %)

Sestává z větvených **řetězců** složených z **24-30 glukosových jednotek** (celkem 50000 až 1000000 glukózových jednotek v jedné molekule) a řetězec je hodně rozvětvený (především $\alpha(1\rightarrow4)$ -glykosidové vazby, svým bohatým větvením (vazby $\alpha(1\rightarrow6)$) je strukturně podobný živočišnému zásobnímu polysacharidu glykogenu). Ve vodě za studena je **nerozpustný**, záhřevem však mazovatí a vytváří viskózní roztok, který po ochlazení tuhne v gel.



Vlastnosti škrobu

Škrob má schopnost vázat vodu (bobtnání škrobu).

Např. při 70°C jí dokáže přijmout až 25 násobek své hmotnosti. Při dostatečném množství vody vznikají škrobové mazy, z nichž po ochlazení vznikají gely, je-li vody málo, vznikají těsta. Škrobová zrna přijímají vodu ze vzduchu v množství asi 0,2 g vody na 1 g suchého škrobu, aniž by změnilly svůj objem nebo fyzikální vlastnosti, tento děj se označuje jako imbibice. Na 1 glukózovou jednotku připadá asi 1,5 molekuly vody z chemického hlediska. 1 g původně suchého škrobu může dosáhnout výsledné hmotnosti až 25 g a zaujmout objem až 200 ml. Výsledná viskozita škrobového mazu závisí na poměru amylózy a amylopektinu (čím vyšší je podíl amylopektinu, tím je škrobový roztok viskóznější). Želatinizační teplota není přesnou hodnotou, obvykle se uvádí pro daný typ škrobu v rozmezí asi 10 - 15°C (běžně k želatinizaci dochází v rozmezí teplot 50 – 80°C). Zahříváním granulí škrobu ve vodě se s rostoucí teplotou postupně do vody uvolňují molekuly amylosy, tímto způsobem lze amylosu oddělit od amylopektinu. Amylosa se uvolňuje již při teplotách bobtnání, nemusí tedy bezpodmínečně nastat proces želatinizace. Želatinizační teplota kukuřičného škrobu je v rozmezí od 62 do 70°C, rýžového od 68 do 78°C, pšeničného od 52 do 64°C, žitného od 57 do 70°C a bramborového od 52 do 68°C.

Trávení škrobu

Molekula škrobu je příliš velká na to, aby mohla přestupovat přes střevní stěnu do krve. Působením enzymů **glykosidázy** (ve slinách a v sekretech slinivky a střevní sliznice) dochází k postupnému odštěpování krátkých fragmentů z povrchu škrobových zrn, a tak vznikají **krátké řetězce** (kolem deseti glukózových jednotek). Glykosidázy jsou vysoce selektivní enzymy, hydrolyzují pouze α -glykosidové vazby škrobu, zatímco β -glykosidové vazby obsažené v celulóze štěpit nedokážou (člověk může strávit obilí, brambory nebo rýži, ale ne travu nebo listy). Tyto krátké glukózové fragmenty jsou transportovány krví do **jaterních a svalových buněk**, tam jsou buď přímo zabudovány do **glykogenu**, nebo jsou rozloženy až na glukózu, kterou tělo dále přeměňuje za současného zisku velkého množství energie.

- Fyziologická malabsorpce škrobu – asi 10 % škrobu požitého ve smíšené stravě je rezistentní vůči α -amyláze a dostane se až do tlustého střeva, kde teprve jej jako balastní látku destruuji bakterie.
- Modifikované škroby - škrob (např. bramborový, pšeničný, kukuřičný, rýžový), který byl pomocí fyzikálně-chemických nebo enzymových postupů upraven, aby se dosáhlo požadovaných vlastností. Nejčastěji slouží jako stabilizátor či zahušťovadlo.

Glykogen

Zásobní polysacharid živočišných tkání (svalovina, játra) – tzv. **živočišný škrob**. Má větvenější strukturu než amylopektin. Jedna molekula glykogenu se skládá z až 120 000 molekul glukózy - řetězce o 10 – 18 α -D-glukopyranosových zbytcích (v $\alpha(1\rightarrow4)$ glukosidové vazbě, větvení $\alpha(1\rightarrow6)$). Je uložen ve formě granulí v **cytoplasmě** některých buněk vyšších živočichů, zejména v **buňkách jater** (lidské jaterní buňky obsahují v sušině 18-20 % glykogenu) a **svalů** (svalové buňky asi 0,5-1 %), ale též u hub a kvasinek. V zásobě cca 250-400 g glykogenu (1/3 v játrech, 2/3 ve svalech), sportovci až 800 g. Vliv na velikosti glykogenových zásob má strava (hlavně strava obsahující sacharidy). Zásoba je vyčerpána po 30-90 minutách cvičení v závislosti na intenzitě.

- **jaterní glykogen** - udržuje stabilní hladinu krevního cukru (zvláště při hladovění)
- **svalový glykogen** - okamžitě využitelný ke svalové práci jako bezprostřední zdroj energie

Vláknina

K polysacharidovým složkám vlákniny patří celulóza, hemicelulózy, pektinové látky, rostlinné gumy a slizy, rezistentní škrob, inulin, glykosaminoglykany živočišných tkání a hub.

Mezi hemicelulosy řadíme:

- xyloglukany (v zelenině a luštěninách)

- arabinoxylany a β -glukany (v obilovinách)
- galaktomannany (v luštěninách)

Rozpustná vláknina

Má schopnost absorbovat vodu, bobtnat. V trávicím traktu fermentuje - může být zdrojem energie. Reguluje trávení tuků a sacharidů, váže na sebe vodu a tím nabývá na objemu - vede k pocitu nasycení. Z větší části je živinou pro mikrobiální flóru v trávicím traktu, působí jako tzv. **prebiotikum**.

Zdroje: luštěniny (hrách, sójové boby, fazole), tobolek a semínka lnu (zdroj rozpustné i nerozpustné vlákniny), oves, žito, ječmen, některé ovoce (jablka a banány) a bobule, některá zelenina (brokolice a mrkev), kořenová zelenina, brambory (jejich slupka obsahuje nerozpustnou vlákninu), semena psyllia (jen asi $\frac{2}{3}$ rozpustné vlákniny).

Nerozpustná vláknina

V trávicím traktu nefermentuje - není zdrojem energie. Zvětšuje objem obsahu ve střevech - zkracuje dobu, po kterou tam zůstává potrava. Zejména příznivě se uplatní v tlustém střevě - díky zvětšení objemu stolice naředí odpadní látky, které vznikly při trávení -> snadněji pak opouštějí trávicí trakt, který je tak po kratší dobu vystaven styku s potenciálně nebezpečnými látkami.

Zdroje: celozrnná jídla s obsahem zejména slupek, tobolek a semínka lnu (zdroj rozpustné i nerozpustné vlákniny), obilné slupky, otruby, ořechy a semena, zelenina (zelené fazole, květák, cuketa, celer), slupky některých druhů ovoce a rajčat.

Inulin

Je **zásobní polysacharid** některých rostlin - nahrazuje škrob jako zásobní látku. Řetězec fruktofuranosových jednotek (vazba $\beta(1\rightarrow2)$) zakončený glukosou. Počet cukerných jednotek je okolo 30. V jednotlivých druzích je velká variabilita. Existuje až 200 jednotek. Jedná se o krystalickou látku za horka rozpustnou ve vodě.

Výskyt: kořen čekanky, hlízy topinambur, artyčoky, chřest, kořeny jiřin, pampelišky. Nevyužitelný polysacharid - není štěpen digestivními enzymy (hydrolyzuje se pouze rostlinnými inulinasami). Má prebiotické účinky. Možnost využití k výrobě fruktosových sirupů.

Celulosa

Hlavní stavební součást rostlinného pletiva (hlavní polysacharid buněčných stěn rostlin, řas). Je nerozpustná ve vodě, ve zředěných roztocích kyselin a zásad. Sestává z 3 000 glukózových molekul. Má vysokou schopnost vázat vodu - 1 g celulosy váže 0,4 g vody. Člověk (a mnoho savců) nemůže strávit celulosu - chybí hydrolasa. Je významným zdrojem objemného nestravitelného zbytku v potravě.

Výskyt: ovoce a zelenina 1–2 % - luštěniny a obiloviny. Je hlavní složkou buničiny, z níž se vyrábí papír.

Hemicelulosa

Vyskytuje se společně s celulosou v buněčných **stěnách rostlin**. Skládá se z 150 – 200 molekul glukosy. Váže vodu a kationty (schopnost vázat kationty ovlivňuje kyselina uronová). Nejčastěji se v ní vyskytují tyto cukry - xyloza, arabinosa, mannososa, kyselina uronová.

Pektiny

Jednotky D-galaktopyranuronové kyseliny spojené vazbou $\alpha(1\rightarrow4)$. Počet jednotek v řetězci 25–100. Podílí se na stavbě rostlinných pletiv. Nerozpustné ve vodě (tzv. protopektiny), účinkem kyselin či protopektináz jsou rozpustné. Jsou schopné na sebe vázat vodu - podílí se na hospodaření buněk s vodou. Mají význam při zrání ovoce - měknutí plodů je způsobeno právě přeměnou nerozpustných pektinů na rozpustné. Zdroje: ovoce a zelenina (hlavní zdroje pro izolaci - jablečné výlisky, slupky citrusových plodů), luštěniny, olejnatá semena, cukrová řepa. Tvoří gely a používají se jako želírující činidla.

Důsledky změn pektinových látek

Nerozpustné pektinové látky - příčina tvrdosti a pevnosti nezralého ovoce a zeleniny. Kvůli nedostatečné depolymeraci při zrání dochází k měknutí. Posklizňové měknutí plodů znamená zhoršení údržnosti. Existují některá opatření ke zpomalení měknutí jako: tepelná inaktivace pektolytických enzymů, přídavek solí bivalentních kationtů.

Glykosaminoglykany

Polysacharidy obsahující jednotky aminodeoxycukrů nebo jejich acetylderivátů. Výskyt v živočišných tkáních a houbách. Skupina zahrnuje:

- chitin a chitosan
- tzv. mukopolysacharidy - obsahují kromě aminocukru také jinou cukernou jednotku (hexosu nebo alduronovou kyselinu) a často sulfátovou skupinu mukopolysacharidy. Tvoří s peptidy a bílkovinami složené sloučeniny (proteoglykany, mukoproteiny), vyskytují se v epitelových a pojivových tkáních (např.: chondroitinsulfáty, keratansulfát nebo kyselina hyaluronová), očních tkáních (kyselina hyaluronová), játrech, plících (heparin).

Chitin

Strukturní polysacharid bezobratlých - hlavní složkou kutikuly členovců. Součást buněčné stěny hub. Využití v chirurgických pomůckách. Vyskytuje se u koryšů, měkkýšů, hmyzu, hub, kvasinek a bakterií. Přírodní zdroj pro výrobu jsou lastury mořských mlžů. Je nerozpustný a nestravitelný. Částečně se štěpí účinkem lysozymu.

Chitosan

Chemicky upravený chitin s nižším podílem acetylových skupin (5-25 %). Rozpustný ve vodě a v roztocích kyselin (roztoky jsou viskózní), nerozpustný v alkalickém prostředí. Koaguluje v přítomnosti bílkovin, alginátu. Použití: emulgátor a stabilizátor disperzí. Je nestravitelný. Snižuje hladinu tuků a cholesterolu v krevním séru.

Hyaluronová kyselina

Řetězce střídajících se jednotek D-glukopyranuronové kys. a N-acetyl-D-glukosaminu spojených vazbou $\beta(1\rightarrow3)$. Nachází se v kůži, chrupavkách, synoviální kapalině a očním sklivci. Je rozpustná ve vodě. Tvoří roztoky velmi viskózní (značně nárůstá objemu po jejím rozpuštění). Štěpí se účinkem hyaluronidasy (produkovaná bakteriemi, obsažena v hadích jedech a jedech hmyzu).

Chondroitinsulfáty

Vyskytuje se v pokožce, chrupavkách a v glykoproteinech slin.

Dermatansulfát

Vyskytuje se v pokožce, šlachách a cévách.

Keratansulfát

Nachází se v chrupavkách a rohovce.

Heparin

Řetězce spojují D-glukurono-2-sulfát a N-sulfo-D-glukosamin6-sulfát vazbou $\alpha(1\rightarrow4)$, poloha sulfátových skupin se může u různých typů heparinu lišit. Vyskytuje se v játrech a plících. Zabraňuje srážení krve (hemostáze), inhibuje přeměnu protrombinu na trombin.

Další zástupci polysacharidů

Rostlinné gumy a slizy

Rostlinné gumy jsou pevné gumovité látky vznikající vysycháním rostlinných šťáv (klovatin) vytékajících z rostlinných pletiv. Rostlinné slizy jsou slizovité hmoty různých částí některých rostlin. Příklady jsou arabská guma, modřínová guma, tragant, indická guma, guma ghati, sliz okra, baobabový sliz.

Polysacharidy mořských řas

Dělíme na:

- agary, karagenany, furcellaran – z červených řas (Rhodophyceae)
- alginy – z hnědých řas (Phaeophyceae).

Používáme je v potravinářství jako gelotvorné látky, zahušťovadla, stabilizátory a emulgátory.

Bakteriální polysacharidy

Extracelulární – vytvářejí slizovitý obal buněk:

- xanthan (xanthanová guma) – použití: zahušťovadlo
- gellan (gellanová guma) – tvorba gelů za studena
- dextran – stabilizátor emulsí.

Intracelulární polysacharidy mají stavební nebo zásobní funkci.

Polysacharidy kvasinek a hub

Zástupci jsou Elsinan, pullulan, skleroglukan, β -glukany z různých kvasinek a vyšších hub.

Odkazy

Související články

- Sacharidy
- Význam sacharidů pro tělo
- Trávení sacharidů

Použitá literatura

- MURRAY, Robert K., Daryl K. GRANNER a Peter A. MAYES. *Harperova biochemie*. 4. vydání. Jinočany : Nakladatelství H+H, 2002. 872 s. s. 749. ISBN 80-7319-013-3.
- DAVÍDEK, Jiří. 6. *POLYSACHARIDY* [online]. [cit. 2012-03-12]. <<https://el.lf1.cuni.cz/p55455514/>>.
- VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. 2. 3. vydání. Tábor : OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-17-6.
- MCMURRY, John. *Organická chemie*. 2. vydání. Vutium, 2007. 572 s. ISBN 978-80-214-4769-1.
- KASPER, Heinrich. *Výživa v medicíně a dietetika*. - vydání. Grada, 2015. 572 s. ISBN 9788024745336.
- INSTITUT GALENUS,. *Škroby* [online]. [cit. 2018-02-14]. <<http://www.galenus.cz/clanky/vyziva/polysacharidy-skruby>>.
- KOPLÍK, Richard. *Polysacharidy: Studijní materiály k předmětu Chemie potravin* [online]. [cit. 2018-02-15]. <https://web.vscht.cz/~koplikr/CHP_sacharidy_2.pdf>.
- DOLEŽAL, Marek. *Polysacharidy: Přednášky předmětu Chemie potravin - sylaby* [online]. [cit. 2018-02-15]. <<https://web.vscht.cz/~dolezala/CHPS/06%20Polysacharidy.pdf>>.