

# **Sacharidy**

## **jako nutraceutika**

**JP**

**Tento výukový materiál je autorským dílem, které je chráněno autorským právem VŠCHT Praha.**

**Některé části přednášky vycházejí z autorských děl třetích osob, která VŠCHT Praha užívá pro účely výuky svých studentů na základě zákonné licence.**

**Obsah této přednášky je určen výlučně pro výuku studentů VŠCHT Praha.**

**Obsah přednášky nesmí být rozmnožován, zaznamenáván, napodobován, publikován ani jinak rozšiřován bez písemného souhlasu majitele autorských práv.**

Autorské právo neporušuje ten student VŠCHT Praha, který výlučně pro svou osobní potřebu zhotoví záznam či napodobeninu díla nebo užije dílo jiným způsobem, který dle zákona autorské právo neporušuje.

**© VŠCHT Praha 2020**

# Jednoduché sacharidy

## D-glukosa

### Iontové nápoje

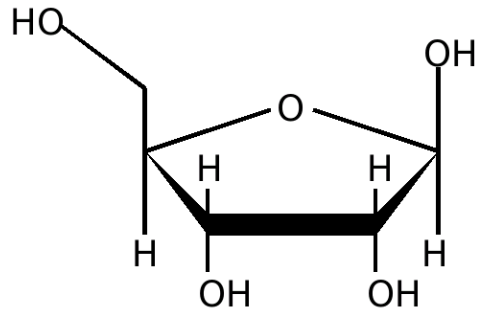
- Maximální obsah 30 – 35 g / 1 litr nápoje
- Vyšší obsah zvyšuje osmotické poměry, nápoj se stává hypertonickým, hůře vstupuje do buněk a tak hůře hasí žízeň
- Vyšší příjem sacharidů zvyšuje rovněž potřebu B1 (thiamin) a  $Mg^{2+}$  ; hrají v metabolismu cukrů zásadní roli ( v procesu oxidativní dekarboxylace pyruvátu na acetylkoenzym A).

# Glykogenová superkompenzace

- Glykogen – svaly + játra; běžná populace 200 – 300 g; tréninkem a GSk možno zvýšit až na 700 g
- stupeň zatížení (kondiční trénink) musí být dostatečně vysoký – úplné odbourání svalového glykogenu
- svaly jsou schopny přijímat největší množství glukosy v prvních 2 h po zatížení – (zvýšení insulinu)
- doba trvání specifického režimu musí být 3 – 7 dnů, záleží na stupni trénovanosti a typu svalové morfologie
- příjem glukózy : **1,5 g/kg** tělesné hmotnosti do 120 min po zátěži, celkem **150 g – 650 g / 24 h**
- je nutno přijímat i vyšší množství tekutin – 1 g glykogenu váže 3 – 5 g H<sub>2</sub>O
- vlastní speciální trénink pouze mírné intenzity

# D-ribose

$\alpha$ -D-ribofuranosid



Nepostradatelný sacharid – nukleotidy – RNA,  
DNA, ATP

V potravě málo – syntéza z glukosy

Stačí pro tvorbu NA

U člověka v dobrém zdravotním stavu a při běžné fyzické námaze je rychlost syntézy ribosy a novotvorby ATP dostatečná pro zajištění energetických nároků pracujícího svalu

## Zvýšená fyzická námaha

- Aerobně – zpočátku – syntéza stačí – odebírá energii
- Anaerobně – nižší energetický zisk – delší regenerace
- Ribosa – novotvorba ATP oddálí anaerobní metabolismus
- Urychlení regenerace –  
Novotvorba ATP  
Rychlé odbourávání kyseliny mléčné a dalších anaerobních metabolitů

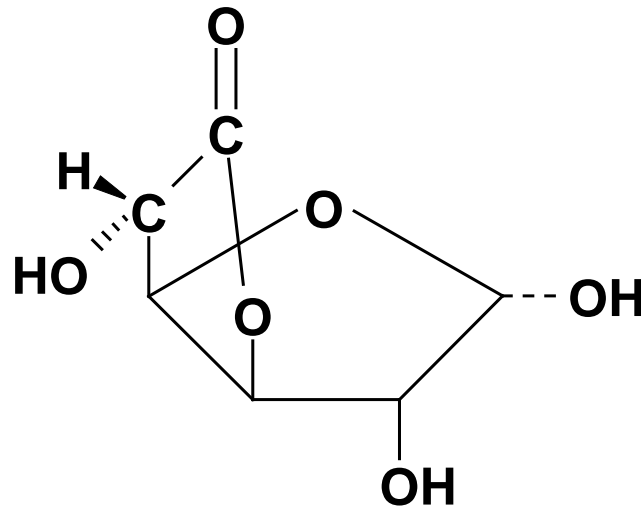
neprokázáno

# Ischemická choroba srdeční

- Dušnost, hypoxie
- Srdce pracuje v režimu blízkém anaerobnímu – nedostatek energie
- Novotvorba ATP – zmírnění srdeční nedostatečnosti
- Snad částečná stabilizace srdeční činnosti

# Glukuronolakton

D-glukurono-6,3-lakton



Zvyšuje tvorbu glykogenu a udržuje jeho hladinu

Snad hepatoprotektivní

Snad mozkový stimulant



# Využitelné polysacharidy

Škrob, maltodextriny

Sportovní výživa – pro regeneraci:

- Při příliš pozitivní dusíkové bilanci (vysoký příjem AK)
- Při přetrénování
- Vysoké hladiny močoviny a kreatininu v krevní plasmě

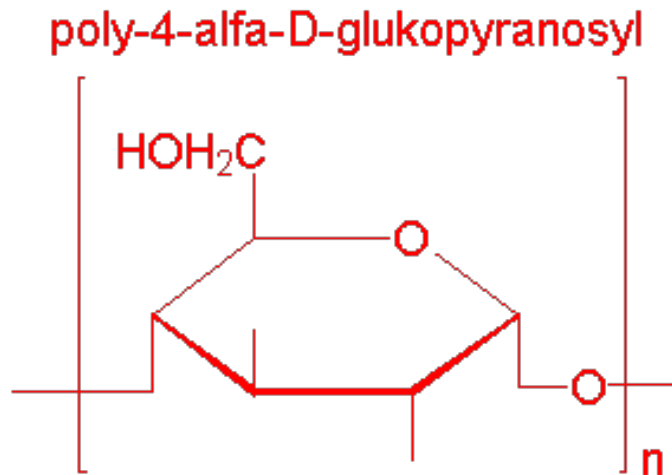
Pšeničné, kukuřičné, rýžové nebo  
bramborové škroby

# Škrob

## Amylosa

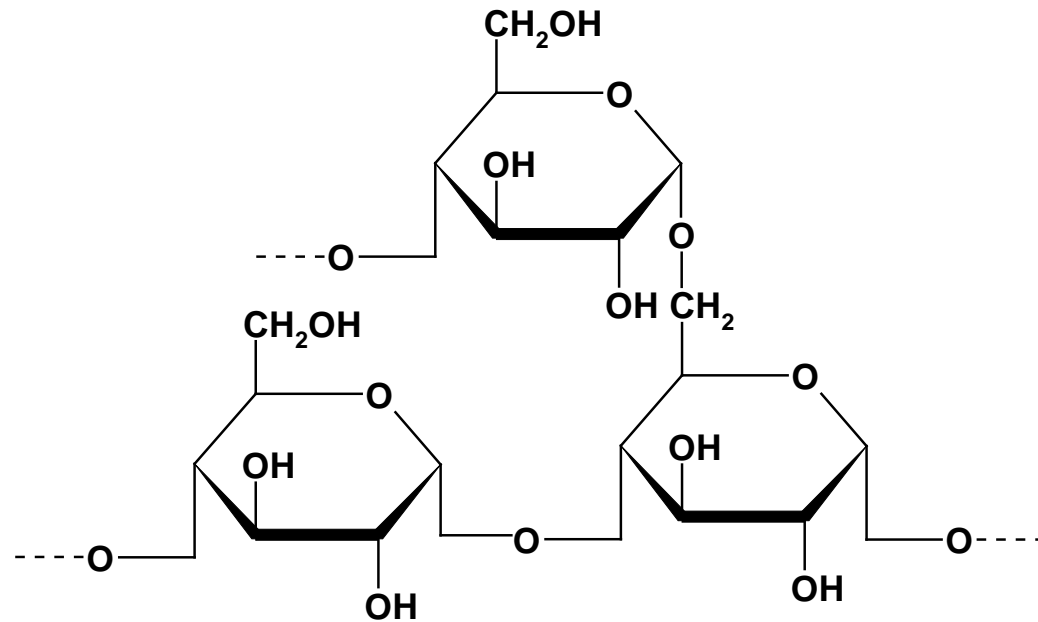
$\alpha$ -D-(1 – 4)-glukan

Maltosové jednotky



# Amylopektin

Vazby  $\alpha$ -(1 – 4) síťované vazbou  $\alpha$ -(1 – 6) –  
isomaltosové jednotky



# Maltodextriny

Parciální hydrolyzáty škrobu

- Kyselé – HCl; asi 0,1 %; do 150 °C
- Enzymové – bakteriální amylasy – *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*
- Bakteriální isoamylasy (amylopektin) – *Klebsiella aerogenes*, *Pseudomonas spp.*

Sušené výrobky

Sirupy

## Složení

Glukosa	do 2 %
Maltosa	~ 3 – 5 %
Maltotriosa	~ 10 %
Vyšší sacharidy	~ 75 – 90 %

# Kloubní preparáty

## Vazivové proteiny

Řada z nich na bázi vazivových proteinů

- Žraločí chrupavky
- Kolagen
- Želatina

Optimální složení AK v poolu pro novotvorbu vazivových proteinů

Sporná účinnost

# Kloubní preparáty

Jednotlivé aktivní látky nebo jejich směsi

- Glukosamin
- Chondroitin
- Hyaluronová kyselina
- MSM

Do směsí se přidávají některé rostlinné extrakty (Boswelia)

a případně další látky, hlavně askorbová kyselina (tvorba kolagenu)

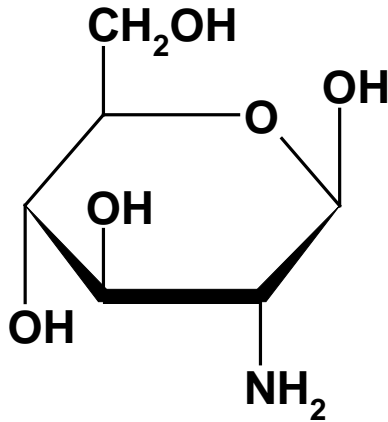
Přidávají se ale i další látky s určitým (snad) protektivním efektem

- Extrakt zázvoru
- Zinek, selen, mangan, vápník, hořčík
- Vitamin E
- Vitamin B6
- Pantothenová kyselina
- L-prolin

Jejich účinek ???

# Glukosamin

2-amino-2-deoxy-D-glukosa



$\beta$ -D-glukosamin

Vodná báze je nestabilní

Stabilnější jsou soli – většinou se používá sulfát

Základní složka

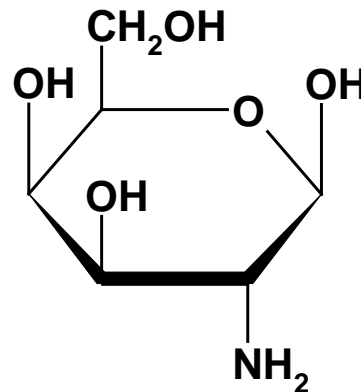
- mukoproteinů – proteoglykanů pojivových tkání (chondroitin)
- sinoviálních kapalin kloubů (hyaluronová kyselina)



Podílí se na

- Stavbě a udržování kloubních chrupavek
- Tvorbě sinoviální kloubní tekutiny
- Tlumí revmatické zánětlivé procesy

Strukturně i funkčně podobný je  $\beta$ -D-galaktosamin (chondrosamin); neužívá se jako doplněk



# Mukopolysacharidy

Sacharidová složka mukoproteinů  
(proteoglykanů)

Mimobuněčné epitelové a pojivové tkáně:  
kůže, šlachy, chrupavky, krevní cévy ....

Rosolovité kapaliny:

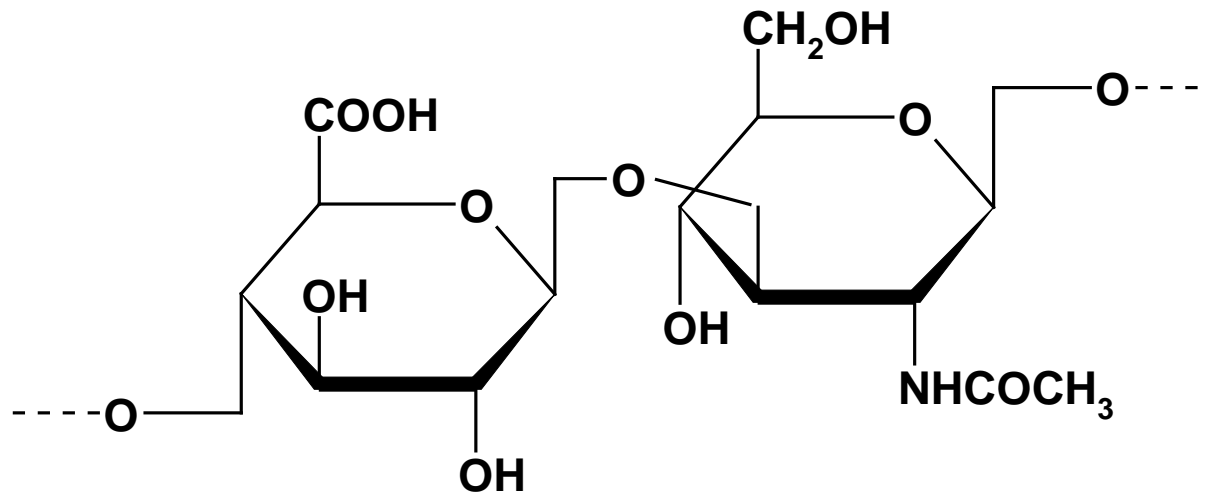
sinoviální kapaliny kloubů, sliny .....

Volná karboxylová skupina – váží velká  
množství vody a kationtů ( $\text{Ca}^{2+}$ )

# Hyaluronová kyselina

Jednotky D-glukuronové kyseliny a N-acetyl-D-glukosaminu; vazba  $\beta$ -(1 – 3)

250 – 25 000 jednotek



Váže velké množství vody; viskozní roztoky

Hlavní podíl sinoviální kapaliny

Lubrikační vlastnosti –

dané vysokou hydratací a vodíkovými  
můstky

Obsažena i v kůži – ochranná antimikrobní  
funkce

v chrupavkách, očním sklivci

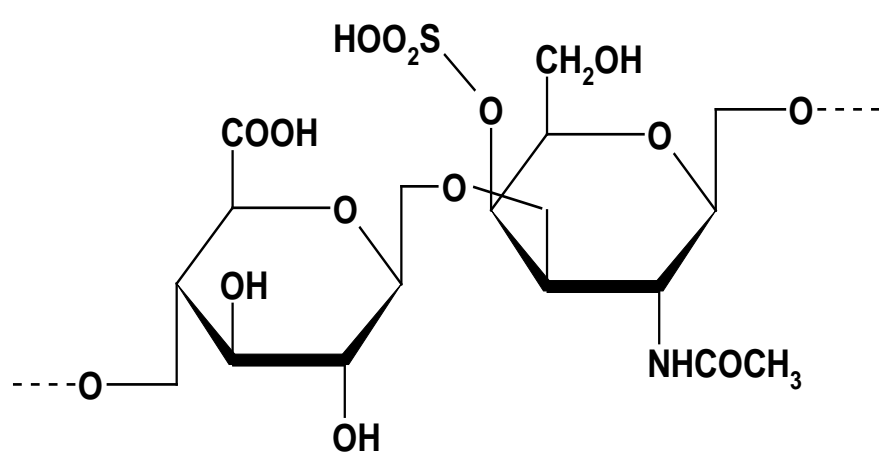
Hyaluronidasa – hydrolýza glykosidické  
vazby

hadí a hmyzí jed

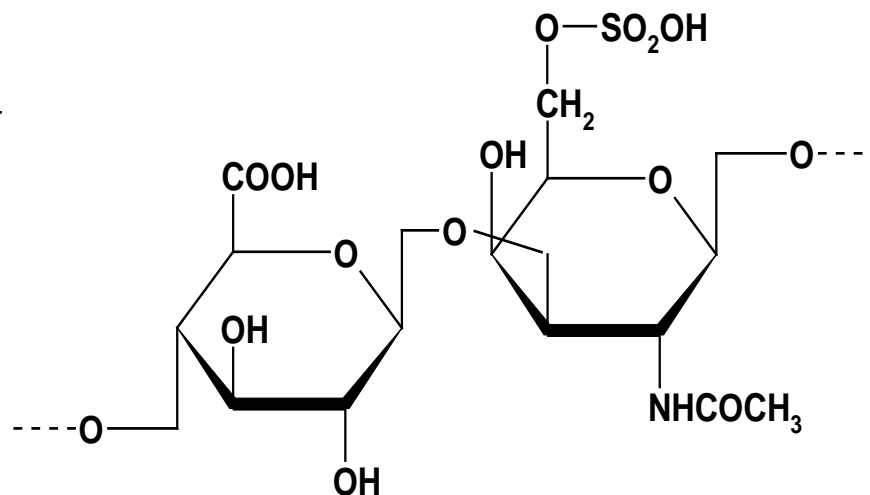
ale i některé bakterie

# Chondroitin

Dva sulfáty odlišné struktury



Chondroitin-4-sulfát



Chondroitin-6-sulfát

Jednotky D-glukuronové kyseliny a N-acetyl-D-galaktosaminu; vazba  $\beta$ -(1 – 3)

## CH-4-sulfát

hlavně v chrupavkách – až 40 %  
chrupavek

## CH-6-sulfát

ve šlachách, chrupavkách a v kůži  
i v glykoproteinech slin

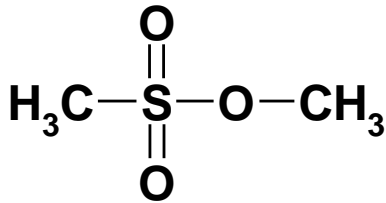
V doplňcích směs obou sulfátů

Svojí strukturou zajišťuje pevnost, tuhost a  
elasticitu pojivových tkání

Role sulfo- skupin

# MSM

## Methylsulfonylmethan



### Především

- zajišťuje sulfo- skupiny pro tvorbu a obnovu chondroitinu
- mírní záněty kloubů
- a snižuje bolestivost kloubů.

Určitý protialergenní účinek (senná rýma, další alergické rýmy a jiné alergie) ???

# Boswellia

## Boswellia serrata / kadidlovník pilovitý



- Strom rostoucí v Indii, severní Africe a na Středním Východě
- Nejčastěji se využívá její pryskyřice, z které se připravují extrakty
- pentacyklické triterpenické kyseliny boswellové, kyselina  $\beta$ -boswellová, 3-O-acetyl-  $\beta$ -boswellová, 11-oxo-  $\beta$ -boswellová a 3-O-acetyl-11-oxo-  $\beta$ -boswellová



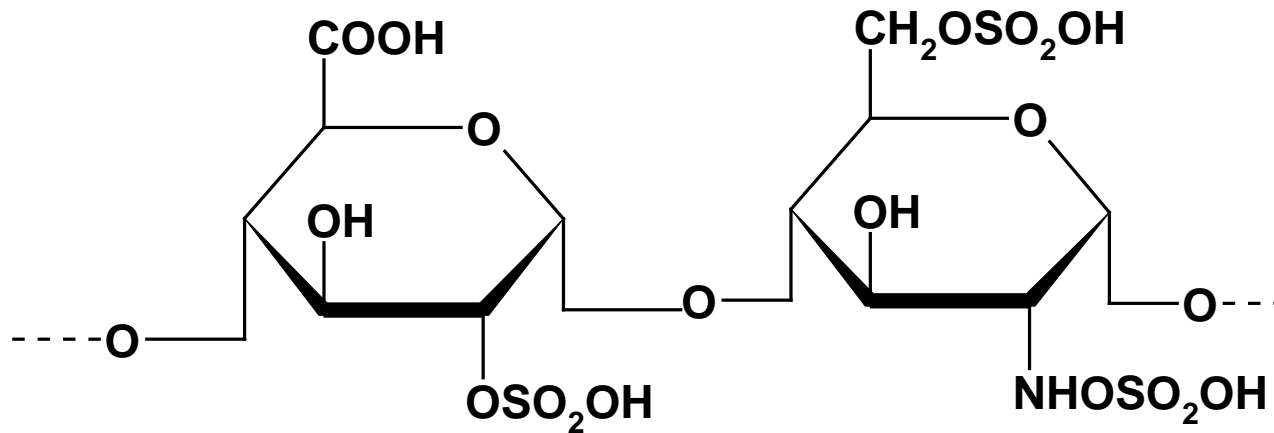
- Kyseliny boswellové působí jako nekompetitivní inhibitory 5-lipoxygenázy, klíčového enzymu při syntéze leukotrienů
- Účinky jsou srovnatelné s nesteroidními antirevmatiky (ibuprofen, diclofenac aj.) – nejsou známy vedlejší účinky
- Zmírňuje zánětlivé procesy spojené s revmatoidní artritidou
- Zlepšuje pohyblivost kloubů
- Zlepšuje ranní ztuhlost kloubů

Ale také testovány

- pro kompenzaci projevů Crohnovy choroby a ulcerosní kolitidy ???
- při bronchiálním astmatu ???
- na buňky lidské leukémie HL-60 in vitro; velmi pravděpodobně mají inhibiční efekt na růst buněk

# Heparin

Jednotky D-glukurono-2-sulfátu a N-sulfo-D-glukosamin-6-sulfátu; vazba  $\alpha$ -(1 – 4)



Nepatří mezi nutraceutika - léčebný přípravek

Součást krevního oběhu

V buňkách jater, plic, kůže

Antikoagulační vlastnosti

# Nevyužitelné sacharidy

## Vlákninové preparáty

Většinou směsné, izolované z různých surovin

Obsahují celulosu (většinou hlavní složka), pektin, hemicelulosy, lignin

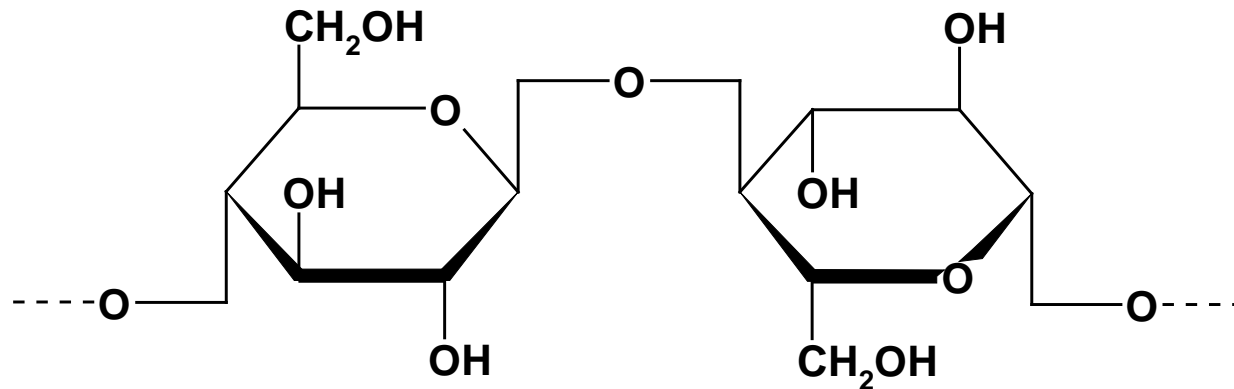
Případně s přidavkem další složky – viz dále

## Jednotlivé složky nebo skupiny složek

- Chitin, chitosan
- $\beta$ -glukany
- Frukto- a mannanoligosacharidy
- Laktulosa .....

# Celulosa

Lineární polymer D-glukosy; vazby  $\beta$ -(1 – 4);  
glukosové jednotky vzájemně otočené o  $180^\circ$



## Zdroje

Ovoce, zelenina

1 – 2 %

Obiloviny, luštěniny

2 – 4 %

Mouka (podle vymletí)

0,2 – 3 %

Otruby

až 35 %

# Celulosa

Nerozpustná vláknina

Význam :

- Hlavně střevní peristaltika
- Proti zácpě
- Snížení rizika střevního karcinomu
- Vazba některých kontaminantů  
těžké kovy  
částečně oxidační produkty lipidů, PAH ...

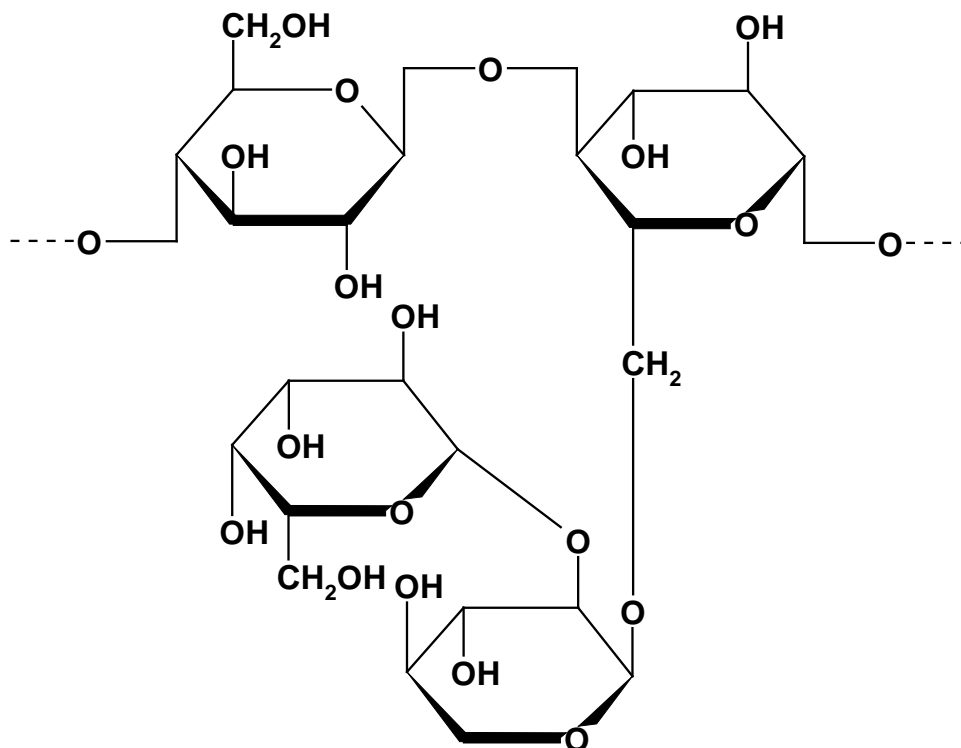
# Hemicelulosity

- xyloglukany
- $\beta$ -glukany
- heteroxylany

# Xyloglukany

Molekula:

celulosa + D-xylopyranosa (vazba  $\alpha$ -(1 - 6)) + D-galaktosa (vazba  $\alpha$ -(1 - 2))



Nerozpustné

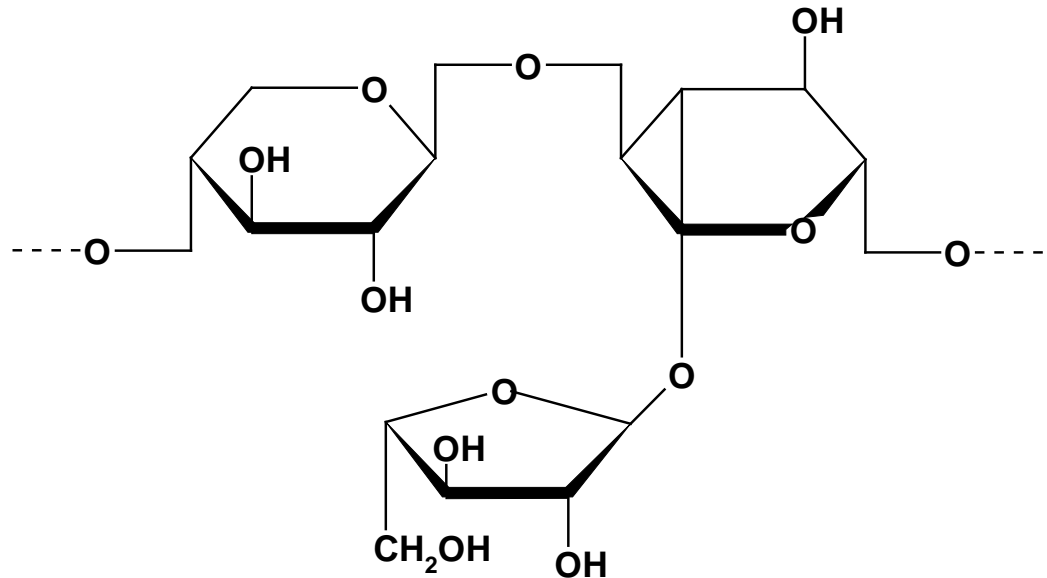
Význam – podobně jako u celulosy

# Heteroxylany

Arabinoxylany - dříve pentosany

V molekule váží i kyselinu ferulovou

Obvykle D-xylopyranosové jednotky (vazba  $\beta$ -(1 - 4)) + koncová  $\alpha$ -L-arabinofuranosa (vazba (1 - 3))



Výskyt

Pšeničná a žitná mouka

Částečně rozpustné, bobtnají

Význam – výrazný prebiotický efekt



# Psyllium

Osemení neboli slupka **Jitrocele indického**  
*Plantago ovata* (*Plantaginaceae*)

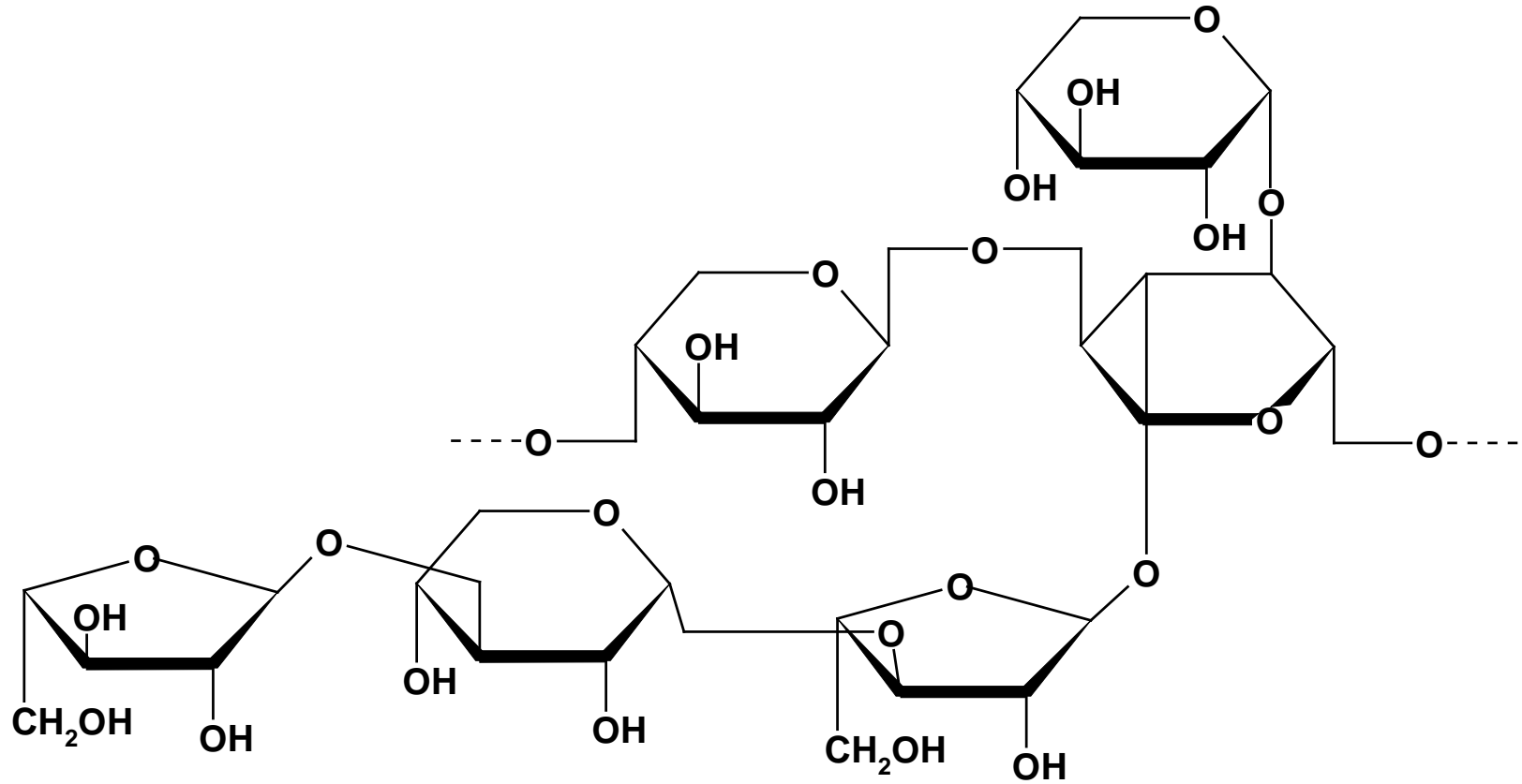
Pod názvem *Plantago ovata* husk

Rostlina s nenápadnými květy a krátkými listy porostlými jemným chmýřím. Vyskytuje se hlavně v Indii, ale také v Iráku, Pakistánu a Austrálii

Po odstranění většiny nerozpustné vlákniny (celulosy) je hlavní účinnou složkou heteroxylan částečně odlišné struktury

D-xylopyranosové jednotky (vazba  $\beta$ -(1 - 4)) + koncová  $\beta$ -D-xylopyranosa (vazba  $\alpha$ -(1 - 2)) + koncový trisacharid -Araf- $\alpha$ -(1  $\rightarrow$  3)--Xylp- $\beta$ -(1  $\rightarrow$  3)--Araf (vazba  $\beta$ -(1 - 3))

# Psyllium



# Psyllium

## Funkce

- Váže vodu z potravy, nabobtná ( zvětší svůj objem až 25x ) a vytváří měkký gel
- Zvýšení peristaltiky - zácpa
- Velký objem v žaludku - pocit nasycení - energie
- Vazba některých kontaminantů
- Vazba cholesterolu
- Tišící účinek na žaludeční a střevní sliznici – žaludeční a dvanáctníkové vředy

# BETA-(1→3), (1→4)-D-GLUKANY

Buněčné stěny obilovin (*Gramineae*), kde často bývají hlavní složkou neškrobových polysacharidů – vlákniny - až 30 % z celkového obsahu neškrobových sacharidů

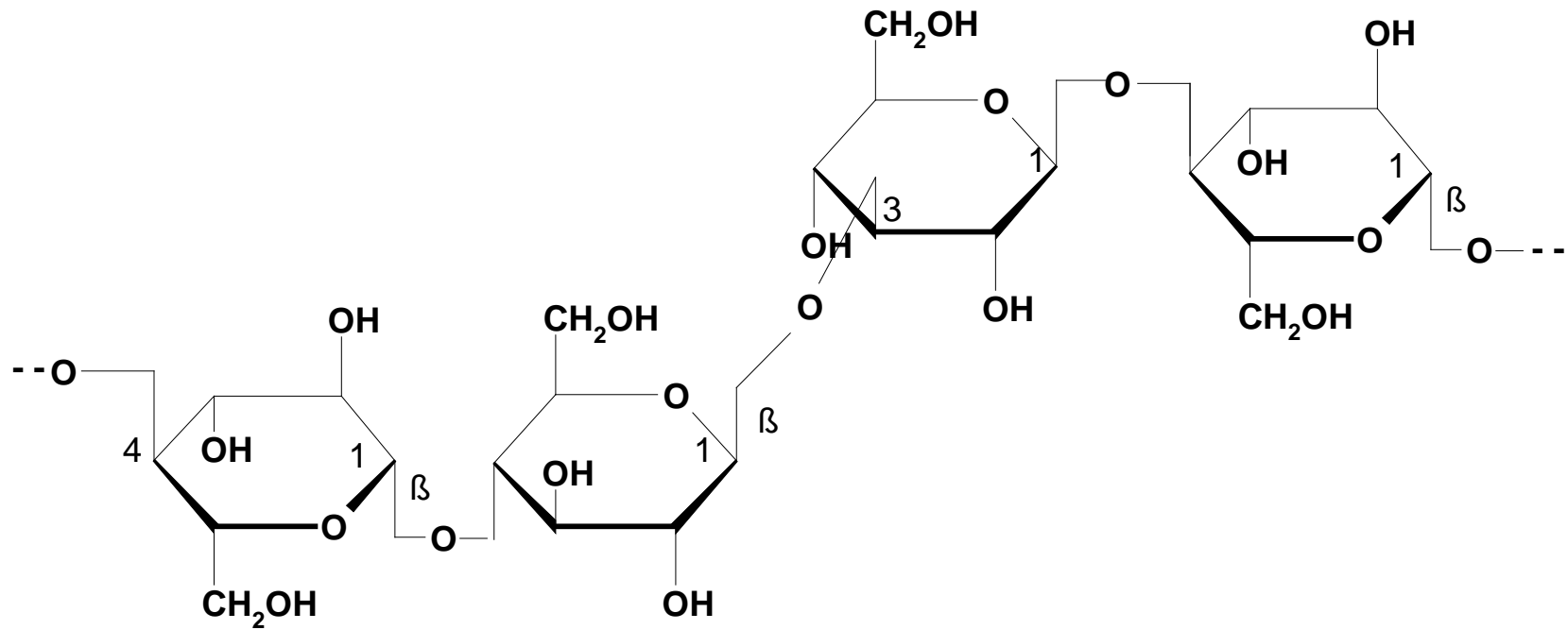
Glukopyranosové jednotky vázané vazbami  $\beta$ -(1→3) a  $\beta$ -(1→4)

Molekula válcovitého tvaru obsahuje až 250 tisíc glukosových jednotek a může dosahovat hmotnosti desítek tisíců kDa

Obsah v obilovinách

- Oves, ječmen 3 – 7 %
- Některé kultivary ječmene až 16 %
- Rýže (neloupaná) 2 %
- Pšenice, žito desetiny %

# Struktura



## Vlastnosti, funkce, použití

- obtížně rozpustné ve vodě
- tvoří viskózní, koloidní roztoky, po částečné hydrolýze gel
- nízkoenergetické náhražky tuků
- váží velké množství vody – pocit plnosti žaludku – nižší energie
- částečná vazba tuků a cholesterolu ve střevě
- pevná vazba oxidovaných lipidů – antioxidační efekt

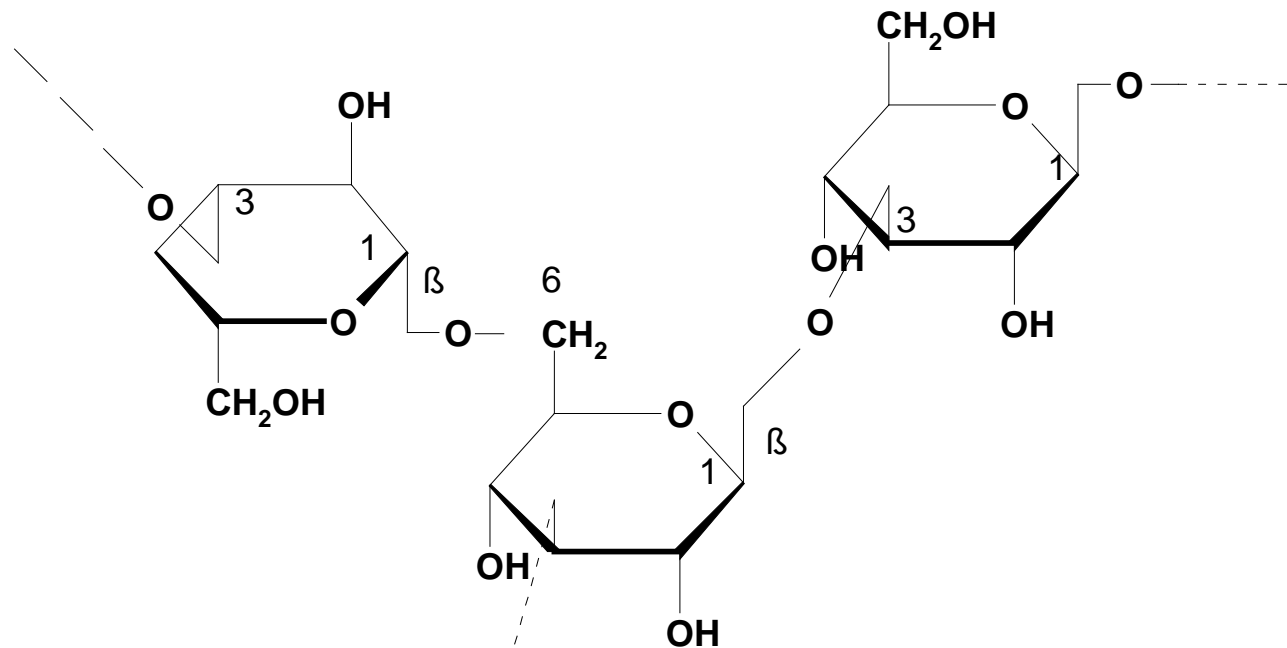
# BETA-(1→3), (1→6)-D-GLUKANY

V přírodě syntetizovány některými kvasinkami, plísněmi (aktinomycetami) a vyššími houbami

## $\beta$ -Glukany v doplňcích stravy

- téměř výhradně izolovány z pekařských nebo pivních kvasinek *Saccharomyces cerevisiae*
- nebo jsou kultury těchto kvasinek, případně jejich autolyzát přímo součástí doplňku
- jejich zdravotní efekt je poněkud slabší než u glukánů z vyšších hub
- u nich je ale velmi obtížná izolace glukánů
- většinou se u jedlých druhů hub doporučuje preventivně užívat tyto houby jako takové

# Struktura



## Houby jako zdroj

- Většina  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)-D-glukanů byla izolována z hub stopkovýtrusných (*Basidiomycotina*)
- některé byly nalezeny i v houbách vřeckatých (*Ascomycotina*)



# Vlastnosti

Antibakteriální, antivirální, antikoagulační a hlavně antikarcinogenní účinky – ty jsou ale poněkud sporné

Mírný antioxidační efekt

Využití v humánní medicíně

## Hlavně

- schopnost posilovat imunitní systém a inhibovat růst nádorů
- aktivita závisí hlavně na stupni větvení molekuly a molekulové hmotnosti
- nejvyšší antikancerogenní efekt byl zjištěn u  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)-D-glukanů se stupněm větvení 0,20 – 0,33 a vyšší relativní molekulovou hmotností (100 – 200 kDa)

<b>β-glukan</b>	<b>Houba – název</b>			<b>Přibližný stupeň větvení glukanu</b>
	<b>Latinský</b>	<b>Český</b>	<b>Další název</b>	
Lentinan	<i>Lentinus edodes</i>	<b>Houževnatec jedlý</b>	shii - také	0,3
HA	<i>Pleurotus ostreatus</i>	<b>Hlíva ústříčná</b>		0,25
Skleroglukan	<i>Sclerotium glukanicum</i>	Hlízenka obecná		0,3
AM-ASN	<i>Amanita muscaria</i>	<b>Muchomůrka červená</b>		0,3
Tylopilan	<i>Tylopilus felleus</i>	<b>Podhřib žlučový</b>	hřib žlučník	0,3
Schizofyllan	<i>Schizophyllum commune</i>	<b>Klánolístka obecná</b>		0,3
Grifolan	<i>Grifola frondosa</i>	Trsnatec lupenitý		0,3
β-Glukan I	<i>Auricularia auricula - judae</i>	<b>Bolcovitka bezová</b>	ucho jidášovo	0,7
Zyмосan	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Kvasinka pekařská, Kvasinka pивní		pod 0,2

Používají se i jako podpůrná léčba při radioterapii a chemoterapii

Silné stimulační účinky na imunitní systém

$\beta$ -glukany působí na aktivaci makrofágů

Působí rychle – již po 72 hodinách od zahájení užívání dochází k plné mobilizaci imunitního systému

## Použití

- v případě infekčních chorob
- nádorových onemocnění
- po ozařování
- po ukončení imunosupresivní terapie (tlumení imunitních reakcí, např. po transplantaci orgánů)
- při dlouhodobém užívání antibiotik
- a v dalších situacích, kdy dochází k zatěžování imunitního systému.

*Poznámka: nikoliv v Evropě*

# Pektiny

Lineární řetězec polygalakturonové kyseliny

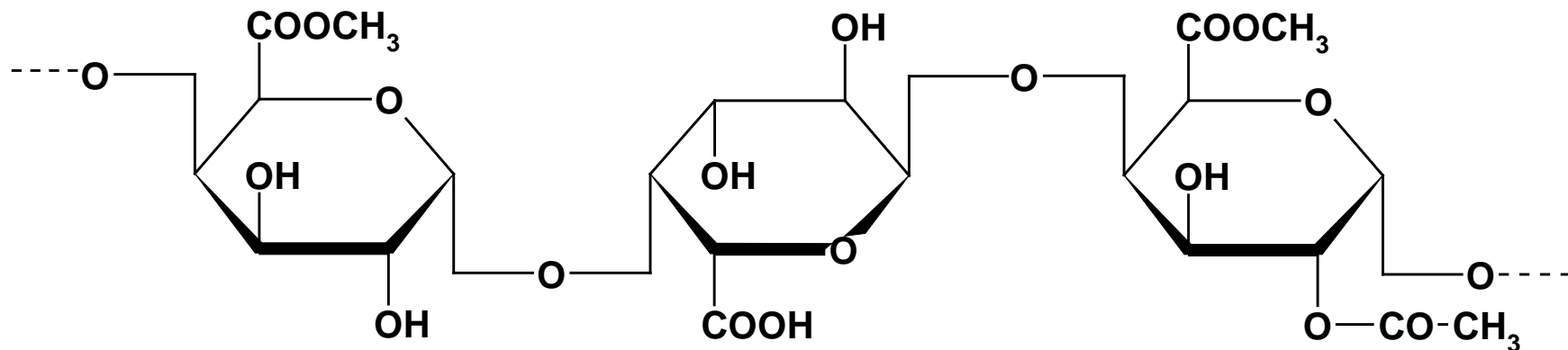
D-galakturonová kyselina; vazba  $\alpha$ -(1 – 4)

Karboxy skupiny až z 80 % esterifikovány methanolem

Některé hydroxyskupiny na C2 a C3 jsou acetylovány (2 – 35 %)

Část volných karboxy- skupin neutralizována kationty – hlavně  $\text{Ca}^{2+}$

Rozpustnost ve vodě klesá s molekulovou hmotností a stupněm esterifikace



V doplňcích se využívají hlavně citrusové pektiny

Váže vodu z potravy a tvoří viskozní gely

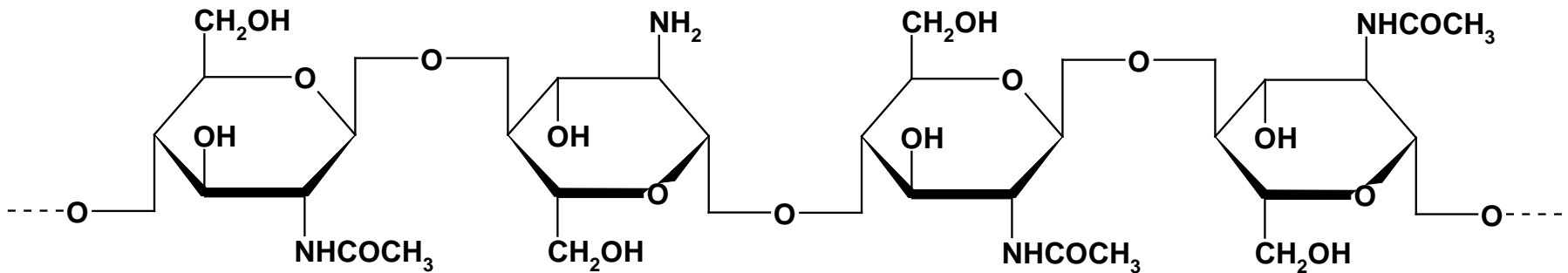
Schopnost tvořit gel roste se stupněm esterifikace pektinu

Mírně zpomaluje vstřebávání glukosy - snížení tvorby energetických rezerv

Váže cholesterol a žlučové kyseliny

# Chitin

Polymer N-acetyl- $\beta$ -D-glukosaminu (70 – 90 %) a  $\beta$ -D-glukosaminu (vazba  $\beta$ -(1 – 4))



## Výskyt

- Povrchové vrstvy (schránky) korýšů, měkkýšů, hmyzu ...
- Buněčné stěny některých řas, hub, kvasinek, plísní a bakterií
- Např. *S. cerevisiae* - okolo 3 % chitinu

# Vlastnosti

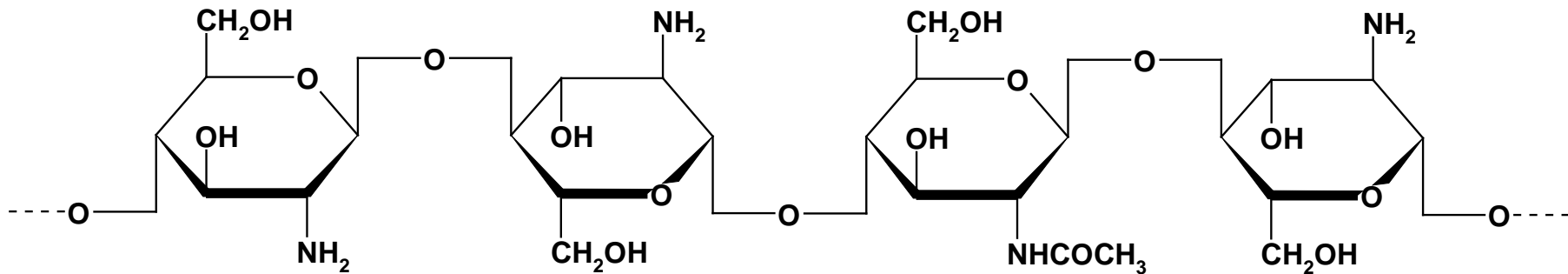
- Netravitelný
- Nevytváří gel
- Malý význam pro výživu
- Pouze mírná stimulace peristaltiky

Doprovázen chitosanem – malý přirozený obsah

Parciální alkalická hydrolýza acetylových skupin NaOH → **chitosan**

# Chitosan

Polymer N-acetyl- $\beta$ -D-glukosaminu (do 25 %) a  $\beta$ -D-glukosaminu (vazba  $\beta$ -(1 – 4))



Částečně deacetylovaný chitin

## Vlastnosti

- Netravitelný
- Vytváří velmi viskozní gel
- Snižuje vstřebávání tuků
- Váže cholesterol a hlavně žlučové kyseliny
- Stimulace peristaltiky



## Použití v potravinářství

- Plnidlo pro nízkoenergetické výrobky
- Plnidlo a stabilizátor textury pro další výrobky – mražené krémy, výrobky z mletého masa (hamburgery), tavené sýry aj.
- Zahušťovadlo – viskozní roztoky
- Emulgátor a stabilizátor emulze - margariny

# Heterofruktany

## Inulin

Poly glukofruktan

Lineární řetězce D-fruktofuranosy, koncová jednotka D-glukosa

Kořen čekanky, hlízy topinambur, jakon

### Doplňky

- Inulin
- Parciální enzymový hydrolyzát - fruktooligosacharidy

### Význam ve výživě

- Substrát pro bifidobakterie tlustého střeva
- Flatulence

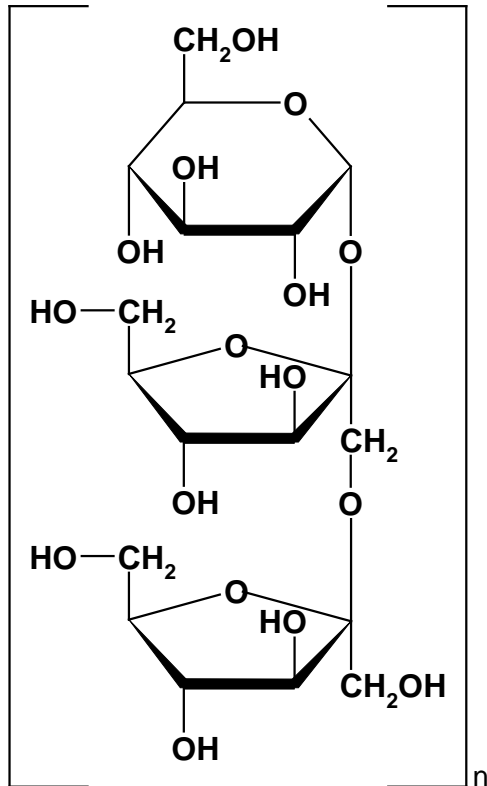
# Fruktooligosacharidy

- Lineární řetězce D-fruktofuranosy s koncovou D-glukopyranosou – vazba (2 – 1) **GFn**
- Lineární řetězce D-fruktofuranosy – vazba (2 – 1) **Fn**

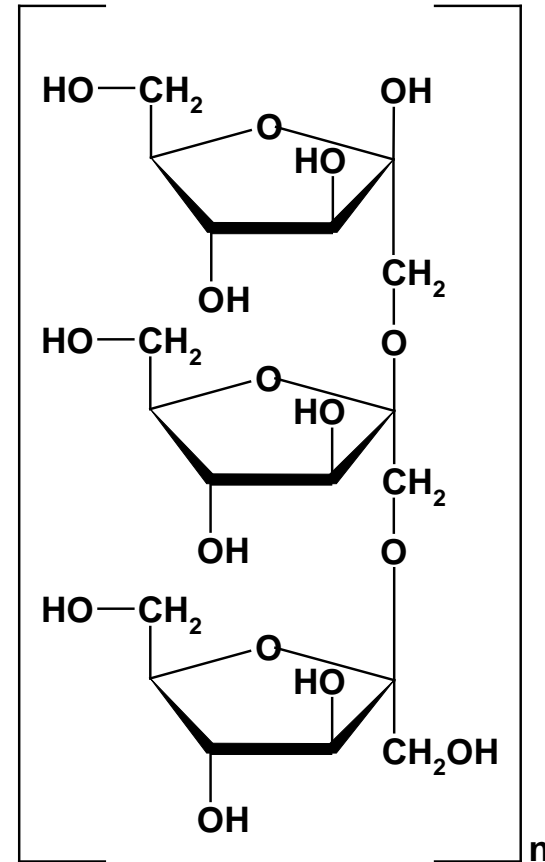
## Vlastnosti

- Rozpustné ve vodě
- Sladké
- Nehydrolyzují se amylasami ani  $\beta$ -glykosidasami tenkého střeva
- Rozpustná vláknina

# Fruktooligosacharidy



GF<sub>n</sub>



F<sub>n</sub>

# Fruktooligosacharidy

Fermentace v tlustém střevě – anaerobní bakterie -  
nižší karboxylové kyseliny (C2, C3, C4), L-mléčná  
kyselina, CO<sub>2</sub>, methan

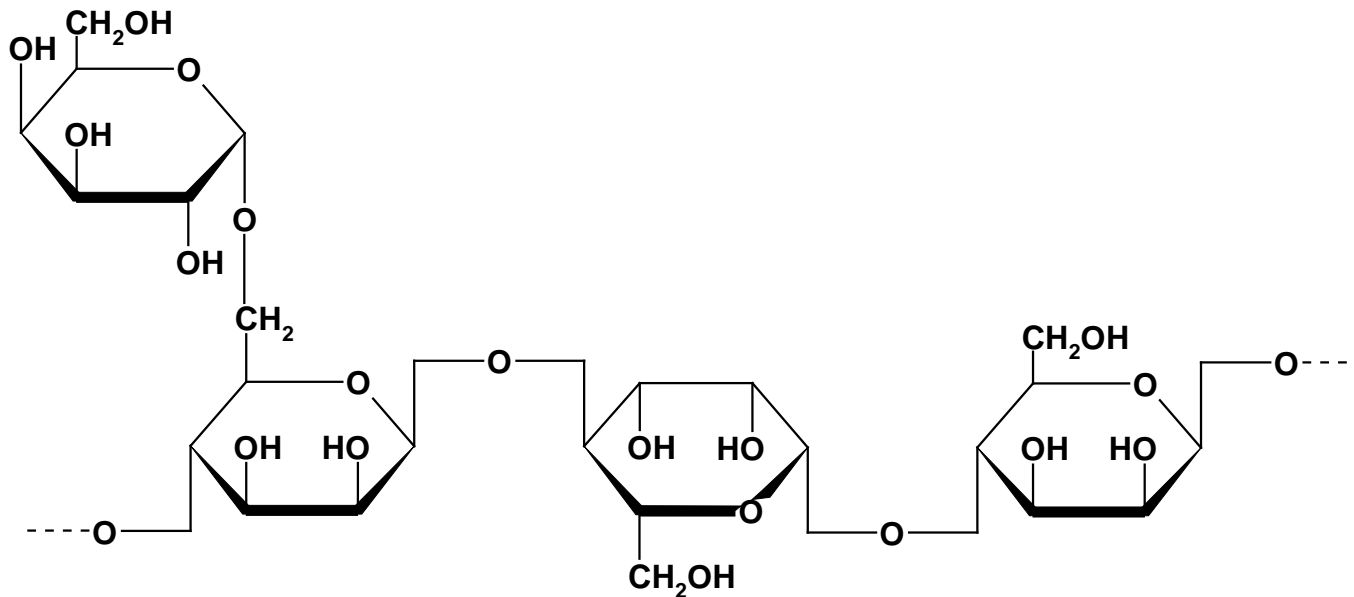
## Selektivní potrava pro *Bifidobacterium bifidum*

- Kyseliny – snížení pH ve střevě
- Produkce látek s antibiotickými vlastnostmi
- Imunomodulátory
- Inhibice nežádoucí mikroflory (*C. perfringens*, *S. aureus*, *S.typhimurium*, *E. coli* ...)
- Potlačení vzniku toxických produktů (amoniak, aminy, skatol, další indolové deriváty aj.)

# Heteromannany

## Galaktomannany

lineární řetězec D-mannosy s koncovou D-galaktosou



Semena rostlin

Guarová guma

V doplňcích vyjímečně

# Glukomannany

lineární řetězec D-mannosy; někde je D-mannosa nahrazena D-glukopyranosou

Hlízy, kořeny, bulvy, semena rostlin

## Doplňky

- Zatím hlavně pro zvířata – psy
- Jako humánní nutraceutika začínají
- Viskozní gely – vlastnosti podobné chitosanu
- Brzdí vstřebávání a následný metabolismus glukosy
- Vazba cholesterolu a žlučových kyselin

## Potravinářství

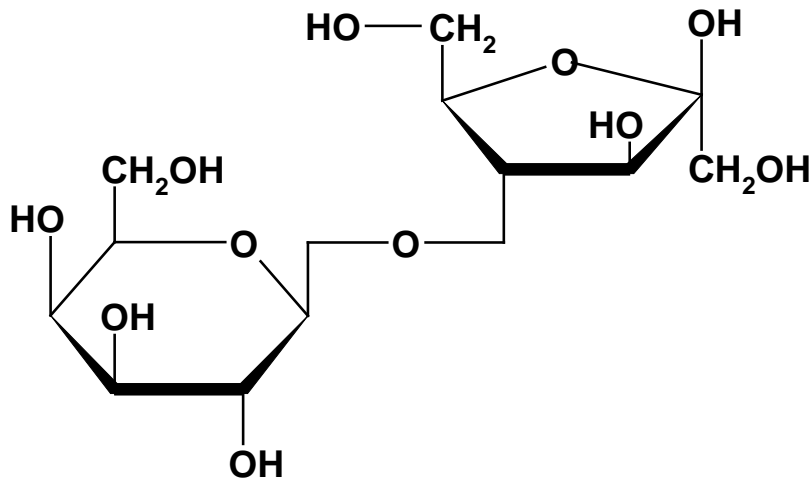
### Konjaková guma

- Zahušťovadlo v japonské kuchyni – nudle, gely
- Texturní přídavek v „gumových“ cukrovinkách
- Nově zákaz používání v EU – nebezpečí udušení dítěte

# Laktuloza

$\beta$ -D-galaktopyranosyl-(1 – 4)-D-glukofuranosa

Vzniká z laktosy isomerací v alkalickém prostředí



- Neenergetické a nekariogenní sladidlo (asi 60 % sladivosti sacharosy)
- Netravitelná
- Slabé laxativní účinky
- Selektivní substrát pro anaerobní bifidobakterie