

# Polysacharidy

## Klasifikace

- podle cukerných jednotek
  - glukany, mannany, xylany, arabany... homoglykany
  - arabino-xylany, gluko-mannany  
galakto-mannany, gluko-fruktany... } heteroglykany
  - glykuronany
  - glykosaminoglykany
- podle typu glykosidické vazby:  $\alpha$ -(1→4);  $\beta$ -(1→3)...
- podle zřetězení cukerných jednotek: lineární a větvené
- podle původu: rostlinné, živočišné, mikrobiální...
- podle nutričního významu: využitelné a nevyužitelné
- podle biologické funkce: zásobní, stavební...

## ŠKROB

- nejběžnější zásobní polysacharid rostlin
- uvnitř buněk je soustředěn v tzv. amyloplatech (v kořenech, hlízách, semenech a plodech) a v chloroplastech (v pletivech, kde probíhá fotosyntéza)
- **škrobová zrna** (granule) – útvary, v nichž je škrob uložen
- 2 typy polymeru: **amylosa**, **amylopektin** (obvyklý poměr 1:3)
  - vyšlechtěné odrůdy plodin tvořící škrob s převahou amylosy (amyloškrob)
  - tzv. *voskové odrůdy*: tvoří škrob s velkou převahou amylopektinu

## Škrobová zrna

D



bramborový  
škrob  
30–50  $\mu\text{m}$



pšeničný  
škrob  
4–6  $\mu\text{m}$   
15–25  $\mu\text{m}$

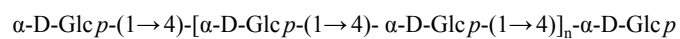
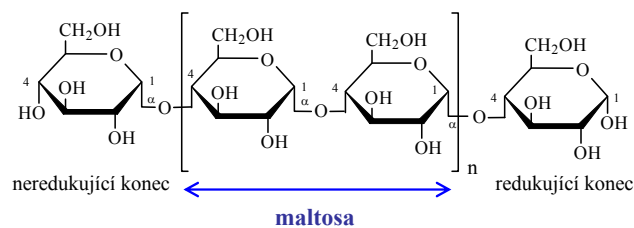


kukuřičný  
škrob  
cca 20  $\mu\text{m}$



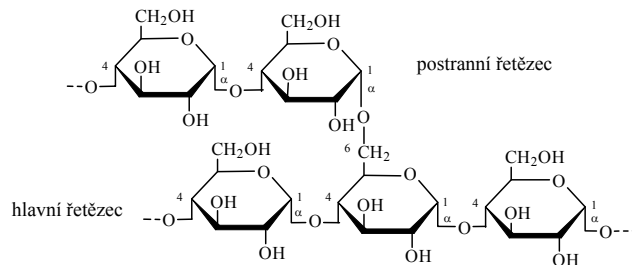
rýžový  
škrob  
cca 5  $\mu\text{m}$

## Amylosa



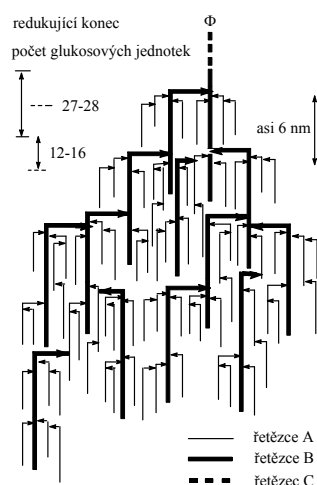
- téměř lineární polymer D-Glcp jednotek spoj. vazbou  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) (velmi omezené větvení cca na 10 místech v makromolekule)
- ve vodě rozpustná, roztoky jsou velmi viskózní
- makromolekula tvoří levotočivou šroubovici
- $M \approx 180\text{--}1000$  kDa, počet Glc jednotek 1000–4500
- obsahuje stopy esterově vázané kys. fosforečné

## Amylopektin



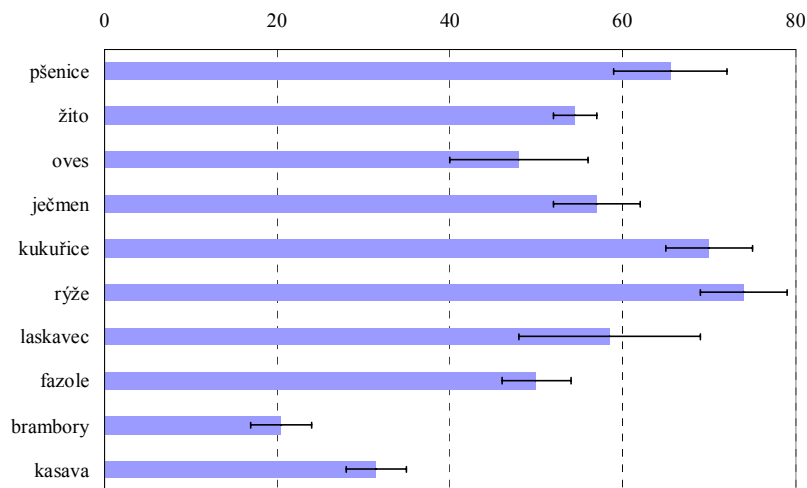
- silně rozvětvený polymer D-Glc *p* jednotek
  - řetězce spojují cukerné jednotky  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) vazbou
  - větvení:  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6) vazba (výjimečně  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 3) vazba)
- ve vodě za studena nerozpustný
- $M = 8\,000\text{--}160\,000$  kDa, počet Glc jednotek  $5 \times 10^4\text{--}1 \times 10^6$
- fosforylace: cca 1 ze 400 Glc jednotek

## Struktura amylopektinu a interakce s amylosou



- blízké řetězce A vytvářejí dvoušroubovice – krystalické struktury
- asociované spirálové molekuly amylosy tvoří inklusní sloučeniny s lipidy

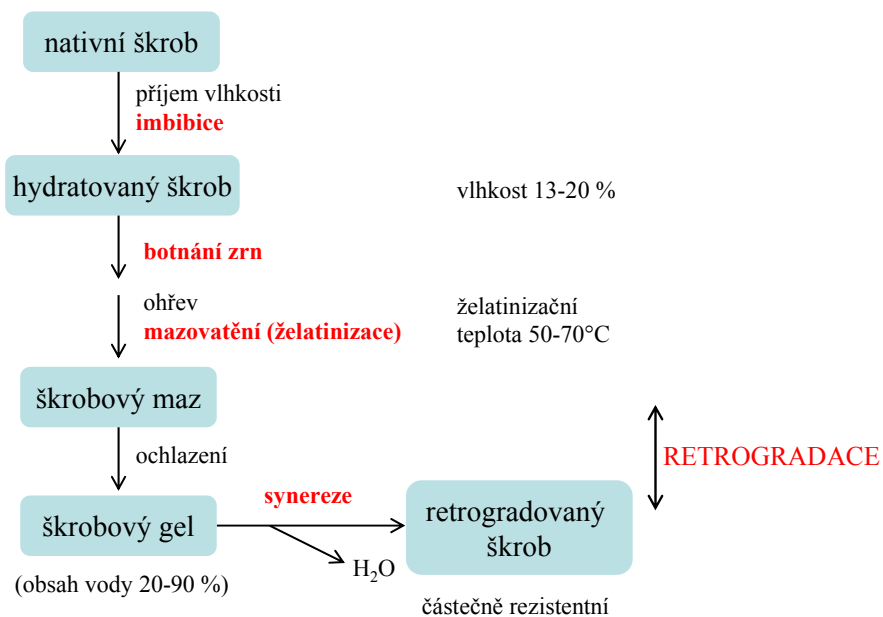
## Výskyt škrobu v potravinách



Potraviny s menším obsahem škrobu:

banány, jedlé kaštiny, ořechy, nezralá jablka

## Změny škrobu při interakci s vodou

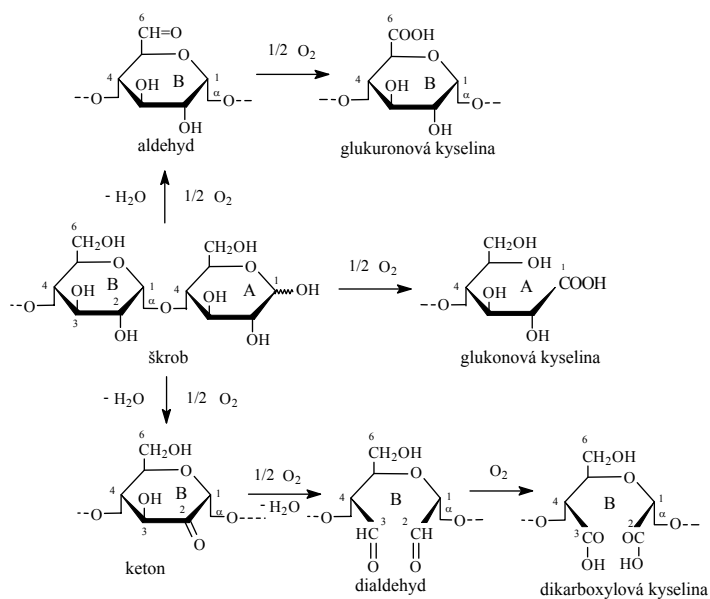


## Modifikované škroby

- konvertované (přeměněné)
  - oxidací  $\longrightarrow$  větší rozpustnost
  - kyselou hydrolýzou  $\longrightarrow$  nižší viskozita
  - záhřevem (dextrinované škroby)
- zesíťené
  - adipáty  $\longrightarrow$  zahušťovadla,
  - fosfodiesterý  $\longrightarrow$  pastovité hmoty
  - lépe tvarovatelné
- stabilizované
  - acetylované, fosforylované
  - sukcinylované  $\longrightarrow$  botnání za studena
  - etherifikované nižší
  - (reakcí s ethylenoxidem, želatinizační teplota
  - propylenoxidem)
- jinak upravené

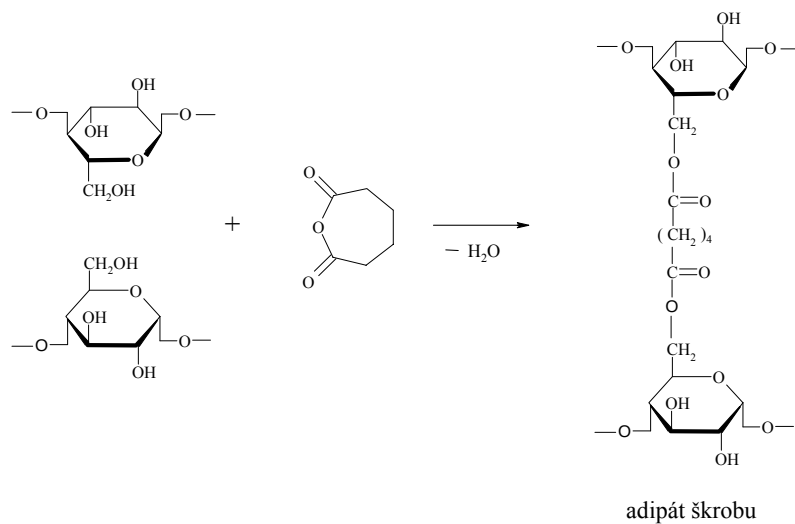
## Produkty oxidace škrobu chlornanem sodným

D



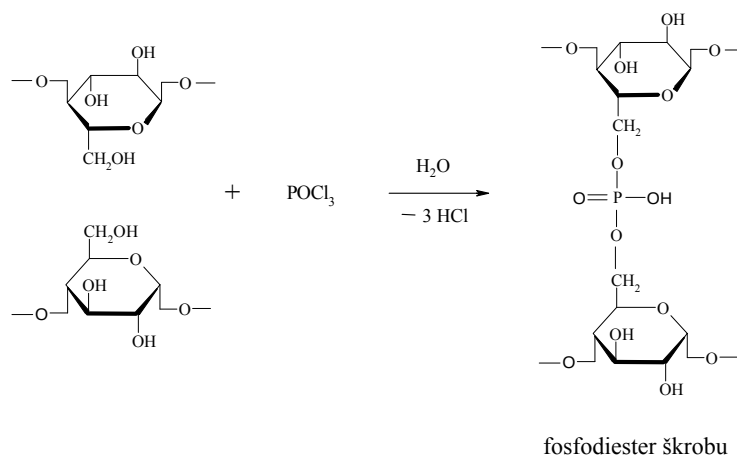
## Zesíťení škrobu reakcí s anhydridem adipové kyseliny

D



## Zesíťení škrobu reakcí s oxidem-chloridem fosforečným

D



## Enzymové štěpení škrobu

- **$\alpha$ -amylasa** (dextrinogenní enzym)  
štěpí  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) vazbu uprostřed řetězce  
 $\rightarrow$  dextriny, limitní dextriny
- **$\beta$ -amylasa** (sacharogenní enzym)  
odštěpuje od neredukujícího konce maltosu  
Waldenův obrat na C<sub>1</sub>  $\rightarrow$   $\beta$ -maltosa
- maltasa  
štěpí maltosu na glukosu
- pullulanasa  
štěpí  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6) vazby, degraduje limitní dextriny
- glukoamylasa (amyloglukosidasa)  
odštěpuje glukosovou jednotku od neredukujícího konce,  
v místě větvení se hydrolýza zpomaluje  
produktem je  $\beta$ -D-Glc

## Kyselá hydrolýza škrobu pro průmyslové účely

D

- suspenze obsahující 40 % škrobu + 0,02-0,03 M HCl
- teplota 135-150 °C po dobu 5-8 min

## Hydrolyzáty škrobu

### Dextrosový ekvivalent (DE)

- charakteristika stupně hydrolýzy
- procentuální podíl glukosových jednotek s volnou poloacetálovou OH skupinou  
Glc DE = 100, Mal DE = 50, maltotriosa DE = 33, škrob DE → 0

### Druhy hydrolyzátů

- maltodextriny DE < 20
- škrobové sirupy DE 20 až 38
- maltosové sirupy DE 38 až 73
- glukosové sirupy DE > 73

D

### Termické štěpení škrobu

D

- záhřev potravin  
(pečení, pražení...)  
→ hydrolýza a následné spojování glukosových jednotek  
( $\alpha$ -(1→6) glykosidové vazby, 6↔6 etherové vazby)
- produkty: **pražné dextriny**



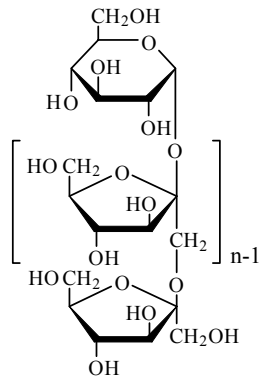
## GLYKOGEN

- zásobní polysacharid živočišných tkání (svalovina, játra)
- analogická struktura jako amylopektin
- $M \approx 1000$  kDa (svalový glykogen)  
16000 kDa (jaterní glykogen)
- významnější obsah (jednotky %) pouze v játrech jatečných zvířat – vliv postmortálních změn

## Vláknina (vláknina potravy, *dietary fiber*)

- nevyužitelné (balastní) oligo- a poly-sacharidy + lignin
- obvyklé dělení: nerozpustná vs. rozpustná vláknina
- k polysacharidovým složkám vlákniny patří
  - celuloza
  - hemicelulosa
    - xyloglukany (v zelenině a luštěninách)
    - arabinoxylany a  $\beta$ -glukany (v obilovinách)
    - galaktomannany (v luštěninách)
  - pektinové látky
  - rostlinné gumy a slizy
  - (polysacharidy řas užívané jako přídatné látky)
  - rezistentní škrob, inulin
  - glykosaminoglykany živočišných tkání a hub

## INULIN



- zásobní polysacharid některých rostlin
- řetězec fruktofuranosových jednotek (vazba  $\beta(1 \rightarrow 2)$ ) zakončený glukosou
- počet cukerných jednotek cca 30  
velká variabilita: několik jednotek až 200
- krystalická látka za horka rozpustná ve vodě
- výskyt:  
kořen čekanky,  
hlízy topinambur,  
artičoky  
chřest...

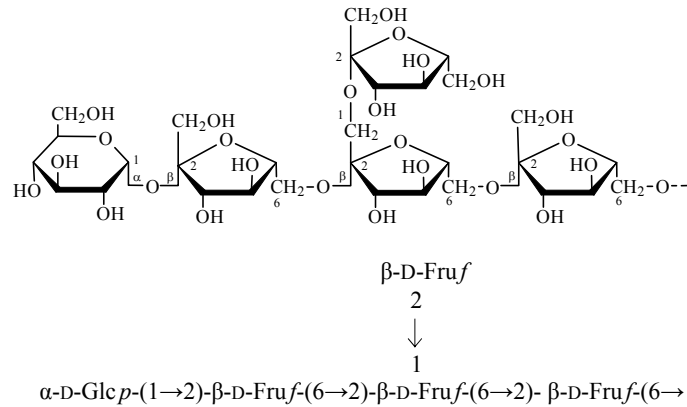
### Význam a použití inulinu

- nevyužitelný polysacharid  
není štěpen digestivními enzymy  
(hydrolyzuje se pouze rostlinnými inulinasami)
- prebiotické účinky
- možnost využití k výrobě fruktosových sirupů

## LEVANY

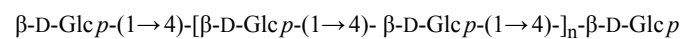
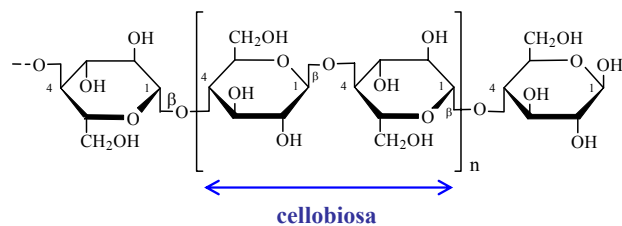
(glukofruktany fleinového typu)

D



- rozvětvený glukofruktan
- výskyt: mikroorganismy, obiloviny

## CELULOZA



- lineární polymer D-Glcp jednotek spojených vazbou  $\beta\text{-(1}\rightarrow 4)$
- stupeň polymerace až 15 000
- funkce: hlavní polysacharid buněčných stěn rostlin, řas
- výskyt
  - ovoce a zelenina 1–2 %
  - luštěniny a obiloviny 2–4 %

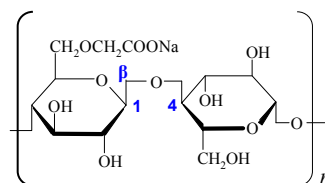
## Struktura a vlastnosti celulosy

- spojením makromolekul nevazebnými interakcemi v rostlinné hmotě vznikají vlákna – *mikrofibrily* (délka jednotky  $\mu\text{m}$ , tloušťka 10–20 nm)
- v mikrofibrilách nativní celulosy jsou amorfní i kryst. oblasti
- mikrofibrily buněčných stěn jsou asociovány s hemicelulosami, pektiny, ligninem a proteiny
- celulosa je nerozpustná ve vodě, ve zředěných roztocích kyselin a zásad
- je rezistentní vůči většině enzymů štěpí se účinkem mikrobiálních enzymů nebo enzymů hub
  - celulasy (endo-glykosidasy)
  - cellobiohydrolasy (odštěpují z nered. konce cellobiosu)
  - cellobiasy (štěpí cellobiosu na glukosu)

## Modifikované celulosy

D

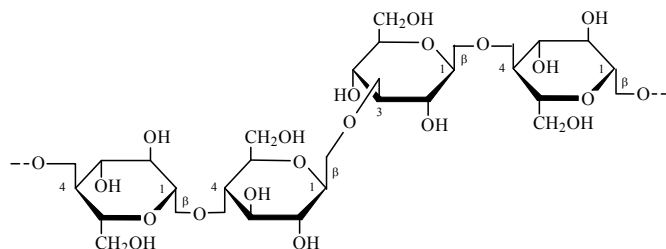
- **mikrokrystalická celulosa**  
výroba částečnou kyselou hydrolyzou celulosy
- **karboxymethylcelulosa, sodná sůl**  
výroba reakcí s  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$   
v alkalickém prostředí  
je rozpustná, tvoří viskózní roztoky nebo gely  
použití: zahušřovadlo
- **methylcelulosa**  
methylace OH v poloze 2  
reakcí s  $\text{CH}_3\text{I}$  v alk. prostředí
- **hydroxypropylcelulosa**  
hydroxypropylace OH v poloze 6  
reakcí s propylenoxidem



## β-GLUKANY

D

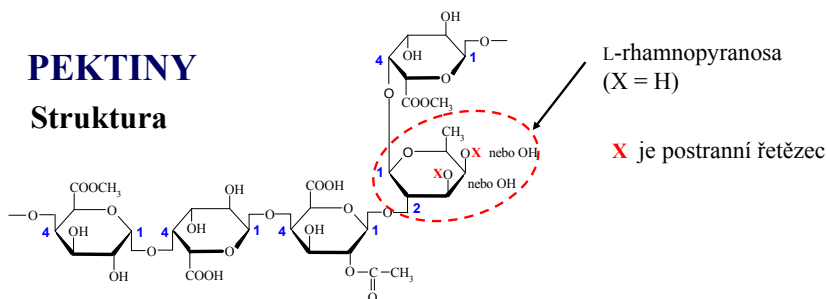
(β-glukany se smíšenými vazbami)



- D-Glc $p$  jednotky, vazby  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3) a  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)
- řadí se mezi hemicelulosy částečně rozpustné ve vodě (rozpustnost klesá s rostoucím podílem vazeb  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4))
- výskyt:  
obiloviny (pšenice, žito, rýže < 2 %, oves, ječmen 3–7 %)  
houby, kvasinky

## PEKTINY

### Struktura



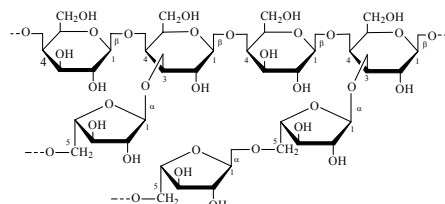
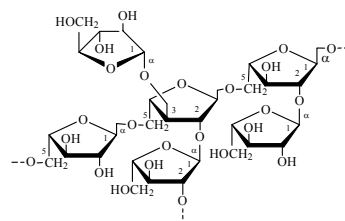
### Hlavní řetězec

- jednotky D-galaktopyranuronové kyseliny (D-GalpA) spojené vazbou  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4)
- karboxylové skupiny jsou v některých jednotkách esterifikovány methanolem
- hydroxylové skupiny v poloze 2 některých jednotek jsou acetylovány
- skupiny  $-\text{COO}^-$  mohou být asociovány s ionty  $\text{Ca}^{2+}$  nebo  $\text{Mg}^{2+}$
- počet jednotek v řetězci 25–100
- do řetězce jsou vloženy jednotky L-Rha připojené vazbou  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 2) s předchozí D-GalpA a vazbou  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) s následující D-GalpA

## Postranní řetězce pektinů

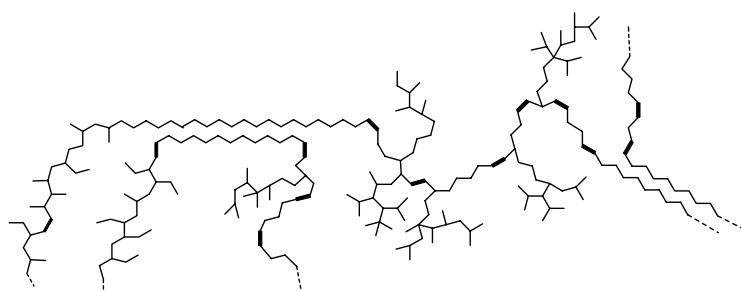
D

- jsou připojeny přes hydroxylovou skupinu v poloze 3 nebo 4 v jednotkách L-rhamnosy (méně často přes OH v polohách 2 nebo 3 galakturonové kys.)
- postranní řetězce mají charakter
  - **větvených arabinanů**, v nichž jsou jednotky L-Araf spojeny vazbami  $\alpha$ -(1→5),  $\alpha$ -(1→2) a  $\alpha$ -(1→3)
  - **větvených arabinogalaktanů**, ve kterých jsou D-Galp jednotky spojeny navzájem  $\beta$ -(1→4) vazbami a k nim jsou připojeny  $\alpha$ -(1→3) vazbou úseky tvořené L-Araf jednotkami spojenými vazbou  $\alpha$ -(1→5)



## Celkové uspořádání molekul pektinu

D



- vazebná oblast polygalakturonanu
- vlasová oblast arabinanů a arabinogalaktanů
- rhamnosa

## Výskyt a zdroje pektinu

- ovoce a zelenina  
hlavní zdroje pro izolaci
  - jablečné výlisky
  - slupky citrusových plodů
- luštěniny
- olejnatá semena
- cukrová řepa

### Obsah pektinů v čerstvém ovoci a zelenině

| Zdroj                   | Obsah (%)      |
|-------------------------|----------------|
| <b>jablka</b>           | <b>0,5–1,6</b> |
| broskve                 | 0,1–0,9        |
| jahody                  | 0,6–0,7        |
| angrešt                 | 0,3–1,4        |
| rybíz                   | 0,1–1,8        |
| hrozny                  | 0,1–0,9        |
| pomeranče               | 0,6            |
| <b>slupky pomerančů</b> | <b>3,5–5,5</b> |
| banány                  | 0,7–1,2        |
| mrkev                   | 0,2–0,5        |
| rajčata                 | 0,2–0,6        |
| cibule                  | 0,5            |
| brambory                | 0,4            |

## Druhy pektinových látek

- protopektin – nativní komplex pektinu s nerozpustnými polysacharidy buněčných stěn
- pektinové kyseliny a jejich soli (pektináty) – polygalakturonáty s větším podílem methoxylových skupin
- pektové kyseliny a jejich soli (pektáty) – neesterifikované polygalakturonáty

### V technické praxi rozlišujeme

- vysokoesterifikované pektiny – podíl esterifikovaných karboxylů nad 50 %
- nízkoesterifikované pektiny

## Důležité vlastnosti pektinů

- ve vodě rozpustné  
rozpustnost klesá s mol. hmotností a stupněm esterifikace
- kyselé polymerní látky
  - polygalakturonová kyselina  $pK_a \approx 3,5$
  - v neutrálním a slabě kyselém prostředí mají pektiny záporný náboj
    - interakce s kationty ( $Ca^{2+}$ )
    - interakce s bílkovinami (kasein)
- tvoří gely a používají se jako želírující činidla

## Tvorba pektinových gelů

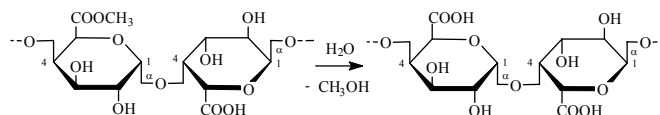
D

- **vysokoesterifikované pektiny**  
vznik gelů s cukrem (sacharosu) v kyselém prostředí  
vyšší stupeň esterifikace → menší množství kyselin  
potřebných k vytvoření gelu  
rychle želírující pektiny tvoří gel již při pH cca 3,3  
(pomalu želírující vyžadují pH cca 2,8)  
tyto gely nejsou termoreverzibilní  
s přidavkem alginátu sodného vznikají gely i s menším  
množstvím cukru (gely jsou termoreverzibilní)
- **nízkoesterifikované pektiny**  
vznik gelů s  $Ca^{2+}$  (případně i s cukrem)  
nižší pH → vyšší potřebné množství  $Ca^{2+}$   
gely jsou termoreverzibilní

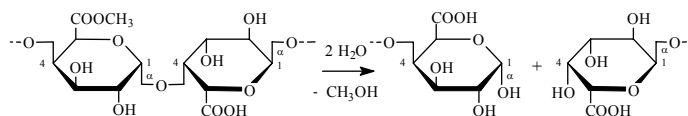


## Enzymové štěpení pektinových látek

- protopektinasa – souhrnné pojmenování enzymů, které štěpí protopektin na rozpustný pektin
- pektinestery (pektinmethylestery) – katalyzují hydrolýzu esterových vazeb a vznik methanolu



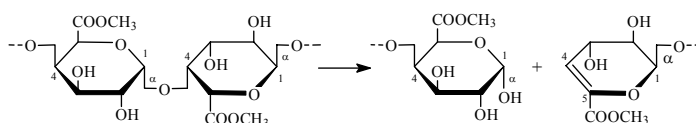
- pektinacetylestera – katalyzuje odštěpení acetylové skupiny
- polygalakturonasy – katalyzují štěpení glykosidické vazby i esterové vazby za vzniku menších fragmentů a postupně až monomerní  $\alpha$ -D-GalpA



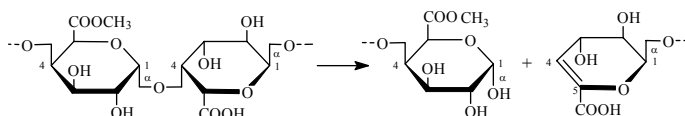
## Enzymové štěpení pektinových látek

D

- pektinlyasy – katalyzují štěpení esterifikovaných polygalakturonátů tzv.  $\beta$ -eliminací za vzniku nenasycené slouč. pektinlyasy jsou produkovány plísněmi



- pektátlyasy – katalyzují  $\beta$ -eliminační štěpení u esterifikovaných i neesterifikovaných pektinů pektátlyasy jsou bakteriálního původu



- **pektinasy** – technické označení všech enzymů, které katalyzují štěpení pektinů

## Důsledky změn pektinových látek

- nerozpustné pektinové látky – příčina tvrdosti a pevnosti nezralého ovoce a zeleniny
- postupná depolymerace při zrání → měknutí
- posklizňové měknutí plodů → zhoršení údržnosti  
opatření ke zpomalení měknutí:
  - tepelná inaktivace pektolytických enzymů
  - přidavek solí bivalentních kationtů ( $\text{CaCl}_2$ )  
(přidavek solí monovalentních kationtů působí opačně)

## Rostlinné gumy a slizy

D

- rostlinné gumy – pevné gumovité látky vznikající vysycháním rostlinných šťáv (klovatin) vytékajících z rostlinných pletiv
- rostlinné slizy – slizovité hmoty různých částí některých rostlin

| Guma / sliz    | Rostlina                                        | Chemické složení                                             |
|----------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Arabská guma   | <i>Accacia senegal</i><br><i>A. arabica</i> ... | arabino-galaktany<br>vazby $\beta$ -(1→3), $\beta$ -(1→6)    |
| Modřínová guma | <i>Larix occidentalis</i> ...                   | arabino-galaktany<br>vazby $\beta$ -(1→3)                    |
| Tragant        | <i>Astragalus gumifer</i> ...                   | arabino-galaktany<br>vazby $\beta$ -(1→4), $\beta$ -(1→6)... |

## Rostlinné gummy a slizy

D

| Guma / sliz           | Rostlina                       | Chemické složení                                                                                    |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Indická guma (karaja) | <i>Sterculia urens...</i>      | glykano-rhamno-galakturonany vazby $\alpha$ -(1→4), $\alpha$ -(1→2), $\beta$ -(1→3), $\beta$ -(1→4) |
| Guma ghati            | <i>Anogeissus latifolia...</i> | glykano-glukurono-manno-glykany vazby $\alpha$ -(1→4), $\alpha$ -(1→2), $\beta$ -(1→3)...           |
| Sliz okra             | <i>Hibiscus esculentus</i>     | glykano-rhamno-galakturonany                                                                        |
| Baobabový sliz        | <i>Adansonia digitata</i>      | vazby $\alpha$ -(1→4), $\alpha$ -(1→2)                                                              |

## Polysacharidy mořských řas

### Druhy

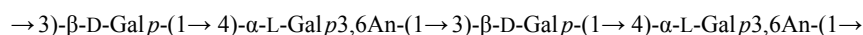
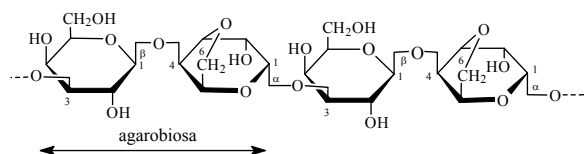
- agary
  - karagenany
  - furcellaran
  - alginy – z hnědých řas (*Phaeophyceae*)
- } z červených řas (*Rhodophyceae*)

### Použití v potravinářství

- gelotvorné látky
- zahušťovadla
- stabilizátory
- emulgátory

## AGARY

D

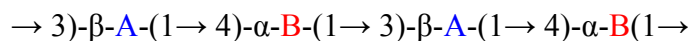


- lineární polysacharid **agarosa** (stavební jednotka je disacharid **agarobiosamine**)
- **agaropektin**
  - složitější struktura (obsah sulfátových skupin v L-Galp, vázaná pyrohroznová kys. jako ketal, D-Xylp, D-GalpA)
- $M \approx 80$  až 420 kDa
- makromolekuly tvoří dvojité pravotočivé šroubovice
- rozpustné v horké vodě
- ochlazením roztoků vznikají termoreverzibilní gely

## KARAGENANY

D

- 8 typů polysacharidů získávaných z řas rodu *Euchema*, *Chondrus*, *Gigantina*...
- v řetězci se střídají dvě cukerné jednotky A, B:

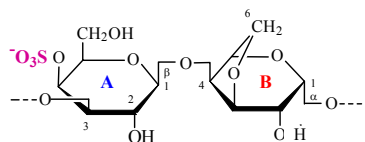
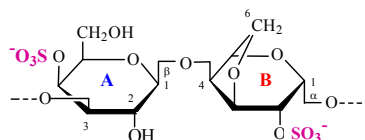
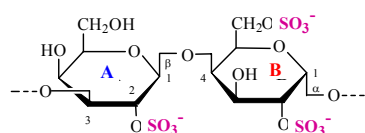


| Typ                  | Jednotka A                            | Jednotka B                                                |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| $\kappa$ -karagenan  | $\beta\text{-D-Gal}p\text{-4-sulfát}$ | $3,6\text{-anhydro-}\alpha\text{-D-Gal}p$                 |
| $\iota$ -karagenan   | $\beta\text{-D-Gal}p\text{-4-sulfát}$ | $3,6\text{-anhydro-}\alpha\text{-D-Gal}p\text{-2-sulfát}$ |
| $\lambda$ -karagenan | $\beta\text{-D-Gal}p\text{-2-sulfát}$ | $\alpha\text{-D-Gal}p\text{-2,6-bis sulfát}$              |

- $M \approx 100$  až 1000 kDa
- jednotlivé typy se liší rozpustností a podmínkami vzniku gelů
- tvoří komplexy s mléčnými bílkovinami

D

D

 $\kappa$ -karagenan $\iota$ -karagenan $\lambda$ -karagenan

## FURCELLARAN

D

D

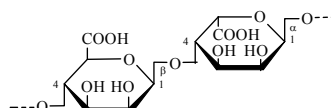
- získává se z řas rodu *Furellaria*
- strukturně podobný  $\kappa$ -karagenanu
  - menší počet sulfátových skupin
- tvoří pružné termoreverzibilní gely, zvláště současně s cukrem a ionty  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$

## ALGIN

(alginová kyselina a algináty)

D

část M-G úseku alginové kyseliny



- lineární kopolymery  $\beta$ -D-mannuronové kyseliny (**M**) a  $\alpha$ -L-guluronové kyseliny (**G**) spojené vazbami 1 $\rightarrow$ 4
- řetězce obsahují střídavé úseky **M-G** i delší úseky **M-(M)<sub>x</sub>-M** a **G-(G)<sub>y</sub>-G**
- získávají se z řas rodů *Macrocystis*, *Laminaria*, *Ascophyllum*, *Sargassum* extrakcí roztoky NaOH, srážením přídavkem CaCl<sub>2</sub>, rozpuštěním sraženiny v kyselině a konverzí kyseliny na sodnou sůl uhličitánem sodným (vysrážení CaCO<sub>3</sub>)
- použití: gelotvorné látky a stabilizátory konzistence, zejména v kombinaci s pektiny

## Bakteriální polysacharidy

D

- **extracelulární** – vytvářejí slizovitý obal buněk  
xanthan (xanthanová guma) – použití: zahušťovadlo  
gellan (gellanová guma) – tvorba gelů za studena  
dextran – stabilizátor emulzí
- **intracelulární** – mají stavební nebo zásobní funkci

| Polysacharid | Bakterie                      | Chemické složení                                                                                                                                             |
|--------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Xanthan      | <i>Xanthomonas campestris</i> | větvené glukany s obsahem <b>D</b> -Glc pA, <b>D</b> -Man a kys. pyrohroznové (jako ketal) vazby $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4), $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 3) |
| Gellan       | <i>Pseudomonas elodea</i>     | heteroglykan obsahující acetylovanou <b>D</b> -Glc p s esterově vázanou glycerovou kys., <b>D</b> -Glc pA a L-Rha, vazby $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)        |

## Bakteriální polysacharidy

D

| Polysacharid | Bakterie                                       | Chemické složení                                                                                                                                           |
|--------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dextran      | <i>Leuconostoc mesenteroides</i>               | $\alpha$ -D-glukan<br>vazby $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6), $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 3), $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4),<br>$\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 2), |
| Kurdlan      | <i>Alcaligenes</i><br>také kvasinky<br>a houby | $\beta$ -D-glukan<br>vazby $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)                                                                                                    |

## Polysacharidy kvasinek a hub

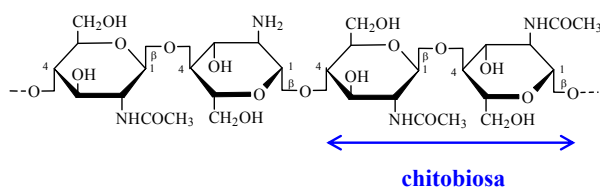
D

- elsinan
  - z houby *Elsinoe lencospila*, která roste na listech čajovníku
  - nízkoenergetické plnidlo, gelové filmy pro jedlé obaly potravin
- pullulan
  - z houby *Aureobasidium pullulans*
  - lineární glukan s  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) a  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6) vazbami
  - použití ve farmacii a papírenství
- skleroglukan
  - z houby *Sclerotium glutamicum*...
- $\beta$ -glukany z různých kvasinek a vyšších hub
  - D-Glc p jednotky spojené vazbami  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3),  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 6)...
  - imunostimulační a protinádorové účinky

## 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 (chondroitinsulfáty, keratansulfát, kys. hyaluronová...), očních tkáních (kys. hyaluronová), játrech, plicích (heparin)

## CHITIN

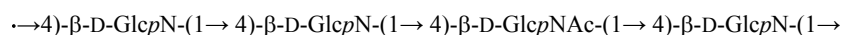
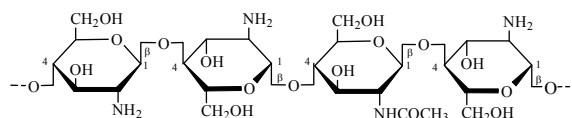


$\rightarrow 4$ )- $\beta$ -D-GlcpNAc-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcpN-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcpNAc-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcpNAc-(1 $\rightarrow$

- lineární polymer *N*-acetyl-D-glukosaminu (70–90 %) a D-glukosaminu spojený  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) vazbami
- $M \approx 1000$  kDa
- výskyt: korýši, měkkýši, hmyz, houby, kvasinky, bakterie...
- přírodní zdroj pro výrobu: lastury mořských mlžů
- je nerozpustný a nestravitelný
- částečně se štěpí účinkem lysozymu



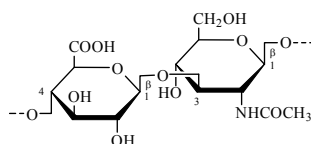
## CHITOSAN



- 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

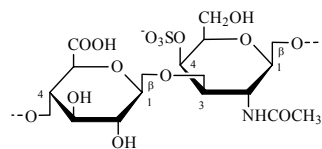
D



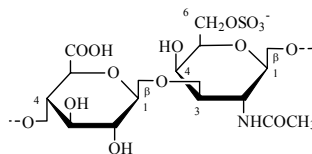
- řetězce střídajících se jednotek D-glukopyranuronové kys. a N-acetyl-D-glukosaminu spojených vazbou  $\beta\text{-(1}\rightarrow 3\text{)}$
- $M \approx 5$  až 500 kDa
- výskyt: kůže, chrupavky, sinuviální (kloubní) kapalina, oční sklivec
- rozpustná ve vodě, roztoky velmi viskózní (značný nárůst objemu po rozpuštění)
- štěpí se účinkem hyaluronidasy (produkována bakteriemi, obsažena v hadích jedech a jedech hmyzu)

## CHONDROITINSULFÁTY

D



chondroitin-4-sulfát

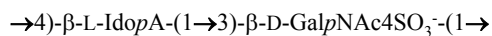
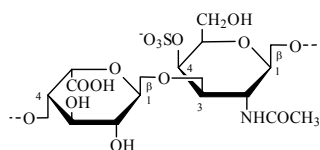


chondroitin-6-sulfát

- řetězec obsahuje střídající se jednotky D-glukopyranuronové kys. a *N*-acetyl-D-galaktosaminu s vázanou sulfátovou skupinou v poloze 4 nebo 6
- jednotky jsou spojeny  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3) vazbami
- výskyt: pokožka, chrupavky, glykoproteiny slin

## DERMATANSULFÁT

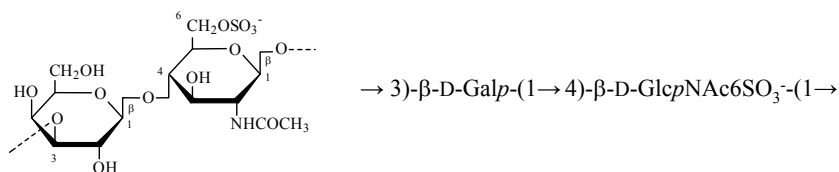
D



- řetězec obsahuje střídající se jednotky L-idopyranuronové kys. a *N*-acetyl-D-galaktosamin-4-sulfátu spojené vazbou  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)
- výskyt: pokožka, šlachy, cévy

## KERATANSULFÁT

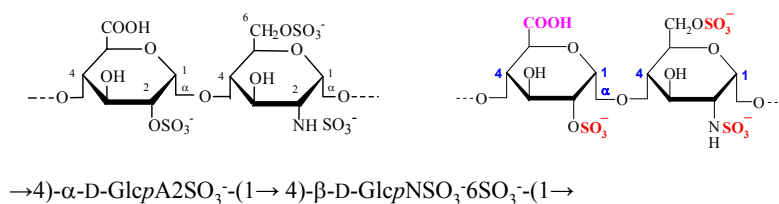
D



- obsahuje střídající se jednotky D-Galp a *N*-acetyl-D-glukosamin-6-sulfátu vázané β-(1→3) a β-(1→4) vazbami
- v řetězci se vyskytuje menší podíl dalších jednotek (L-Fuc, D-Man, *N*-acetyl-D-glukosamin, sialová kyselina)
- výskyt: chrupavky, rohovka

## HEPARIN

D



- řetězce spojují D-glukurono-2-sulfát a *N*-sulfo-D-glukosamin-6-sulfát vazbou α-(1→4), poloha sulfátových skupin se může u různých typů heparinu lišit
- $M \approx 18$  kDa
- výskyt: játra, plíce
- zabraňuje srážení krve